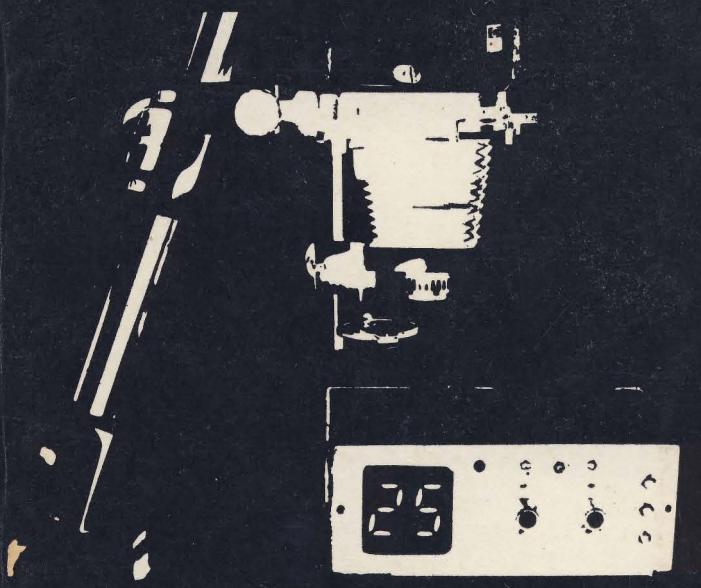
amateurreihe

electronica



Winfried Müller

211

Elektronische Hilfsgeräte für das Fotolabor

electronica · Band 211

WINFRIED MÜLLER

Elektronische Hilfsgeräte für das Fotolabor

MILITÄRVERLAG
DER DEUTSCHEN DEMOKRATISCHEN
REPUBLIK

2., überarbeitete Auflage, 1983
© Militärverlag der
Deutschen Demokratischen Republik (VEB) – Berlin, 1981
Lizenz-Nr. 5
LSV: 3539
Lektor: Rainer Erlekampf
Zeichnungen: Harry Hartmann, Wilhelm Kaufmann, Gudrun Maraun
Typografie: Martina Schwarz
Printed in the German Democratic Republic
Gesamtherstellung: Druckerei Märkische Volksstimme Potsdam
Redaktionsschluß: 21. Februar 1983
Bestellnummer: 746 527 8
00190

Inhaltsverzeichnis

Vorwort 5

1. Belichtungszeitgeber 7
1.1. Belichtungszeitgeber in TTL-Technik 8
1.2. Vereinfachter Belichtungszeitgeber in TTL-Technik.. 35
1.3. Schaltungsergänzung für die Belichtungszeitgeber in TTL-Technik 38
1.4. Belichtungszeitgeber mit Transistoren 39

2. Langzeitgeber für spezielle Entwicklungsprozesse 47
2.1. Langzeitgeber für Batteriebetrieb 47
2.2. Langzeitgeber für Netzbetrieb 50

3. Lichtmeßgeräte für das Farblabor 56
3.1. Farbfilterbestimmungsgerät 58
3.2. Dichtemeßgerät 61
3.3. Hinweise zu den Bauelementen 65

4. Temperaturregelung von fotografischen Bädern 67
4.1. Temperaturregler für Warmhalteplatten 70
4.2. Temperaturregelschaltungen mit Differenzverstärker 74
4.3. Temperaturregelung mit Operationsverstärker *B 861* 80

5. Rotationsentwicklung 88
5.1. Steuerschaltungen für Rotationsgeräte 91
5.1.1. Programmierbare zeitabhängige Steuerung des Drehrichtungswechsels 91
5.1.2. Drehrichtungssteuerung durch Multivibrator oder Timer-Schaltkreis 95

6. Akustische Warnschaltungen zur Überwachung von Flüssigkeitspegeln 101
6.1. Warnschaltung für maximalen Flüssigkeitspegel..... 101
6.2. Warnschaltung für minimalen Flüssigkeitspegel 103
6.3. Warnschaltung für maximalen und minimalen Flüssigkeitspegel 103

7. Leistungsumschalter für 220-V-Lampen im Vergrößerungsgerät 105

8. Literaturverzeichnis 108

Vorwort zur 1. Auflage

Fototechnische Arbeiten und Prozeßabläufe lassen sich im Fotolabor mit Hilfe elektronischer Meßgeräte, Regel- und Steuereinrichtungen exakter, schneller sowie mit geringerem Aufwand an Material und Zeit durchführen. Von dieser Tatsache ausgehend, sind in diesem *electronica*-Band elektronische Schaltungen zusammengestellt, die im universellen Klein- und Hobby-Labor für die Verarbeitung sowohl von Schwarz-Weiß- als auch von Farbnegativ- und -positiv-Material vorrangig von Nutzen sein können. Um die in Betracht kommenden Schaltungen mit geringem Zeitaufwand und funktionssicher herstellen zu können, sind den meisten Schaltungsvorschlägen Bilder der Leiterplattenlayouts beigegeben, da der angesprochene Interessentenkreis nur in seltenen Fällen über Kenntnisse und Fertigkeiten im Umgang mit elektronischen Bauelementen und Stromlaufplänen verfügt und deshalb vielfach auf die bereitwillige Unterstützung von Elektronikamateuren angewiesen ist.

Berlin, im März 1980 *Winfried Müller*

Vorwort zur 2. Auflage

Die an den Verlag und den Autor gerichteten Anfragen zu bestimmten Geräteschaltungen und schaltungstechnischen Details verdeutlichen, daß die behandelte Thematik einen großen Interessentenkreis angesprochen hat. Um den anhaltenden Nachfragen zur Thematik elektronischer Geräte für das Fotolabor entgegenzukommen, hat sich der Verlag zu einer aktualisierten 2. Auflage entschlossen.

Die 1. Auflage hat gezeigt, daß ein besonderes Interesse am Nachbau des Farbanalysers (Abschnitt 3.1.) besteht. Mit der Beschreibung des Meßprinzips und der Meßschaltung eines relativ einfachen Industriegerätes wurde eine Information beabsichtigt. Der Nachbau des Farbanalysers kann nicht empfohlen werden. Das meßtechnische Ergebnis hängt entscheidend von den speziell hierfür geeigneten dichroitischen Filtern ab, deren Eigenschaften durch aufgedampfte Metallschichten erzeugt werden. Mit Folienfiltern oder ähnlichen Materialien sind keine zufriedenstellenden Arbeitsergebnisse zu erreichen. Aus den genannten Gründen entfällt auch ein Leiterplattenvorschlag.

Für die konstruktiven Hinweise der Leser und für die Unterstützung durch den Verlag sei gedankt.

Berlin, im August 1982 *Winfried Müller*

1. Belichtungszeitgeber

Belichtungszeitgeber dienen zur zeitlichen Dosierung der für die Belichtung von fotografischen Materialien benötigten Lichtmenge. Die für einen Belichtungsvorgang erforderliche Belichtungszeit muß für den Einstellvorgang am Belichtungszeitgeber bekannt sein. Der Belichtungsvorgang wird durch Probebelichtung ermittelt. Das geschieht für eine Materialcharge (Positivmaterial) einmalig. Die die Belichtungszeit beeinflussenden Negativdichten können dann mit Hilfe eines Dichtemessers (s. Abschnitt 3.2.) ermittelt und für die Wahl der benötigten Belichtungszeit oder Blende herangezogen werden. Dieses Arbeitsverfahren läßt sich durch einen automatischen Belichtungszeitgeber oder Automatiktimer automatisieren [1]. Diese Geräte haben gewisse Vorteile, wenn große Bildermengen herzustellen sind. Die Anwendung von Automatiktimern ist aber nur unter der Voraussetzung vertretbar und optimal, wenn die verfügbaren Negative über einen kopierbaren Objektumfang [2] verfügen und diese innerhalb ihres Belichtungsspielraums belichtet worden sind. Für den Farbnegativ- und -positivprozeß kann man Automatiktimer nicht einsetzen.

Individuelles und kreatives Arbeiten im Fotolabor setzt einen flexiblen Einsatz der Hilfsmittel, insbesondere der Belichtungszeitgeber voraus. Automatiktimer genügen dieser Forderung nicht. Deshalb wird auf sie hier nicht eingegangen. Diesbezüglich kann unter [1] nachgelesen werden.

Die in diesem Abschnitt beschriebenen Belichtungszeitgeber zeichnen sich durch einfache Bedienbarkeit und hohe Wiederholgenauigkeit der Belichtungszeitwerte aus. Das sind wichtige Faktoren im Laborbetrieb. Mit Potentiometer einzustellende Zeitwerte führen, sofern das Potentiometer nicht rastend ausgeführt ist, kaum zu reproduzierbaren Bildergebnissen. Für die Belange der Farbpositiv- und spezieller Schwarz-Weiß-Techniken wären solche Ungenauigkeiten nicht tragbar. Belichtungszeitgeber, deren Zeitbasis von der Netzfrequenz abgeleitet ist, sind mit diesem Mangel nicht behaftet. Mit den üblicherweise verwendeten Drehschaltern lassen sich exakt die gewünschten Zeit-

werte einstellen. Das gilt insbesondere für Belichtungszeitgeber in TTL-Technik und läßt sich in gewisser Weise auch auf Belichtungszeitgeber übertragen, deren Zeitbasis von einem RC-Zeitglied bestimmt wird. In solchen (auch in Abschnitt 1.3. beschriebenen) Geräten werden Festwiderstände einer Kapazität wahlweise zugeschaltet.
Sollten BCD-kodierte Drehschalter verfügbar sein, kann die im Bild 1.17 gezeigte Schaltung erheblich vereinfacht werden. Bei deren Anwendung sollte man darauf achten, daß 2 Ausführungen (mit H- und L-aktiven Ausgängen) im Handel sind.

1.1. Belichtungszeitgeber in TTL-Technik

Der Belichtungszeitgeber hat folgende Eigenschaften:

- Die mit 3 Vorwahldrehschaltern einstellbaren Belichtungszeiten erstrecken sich über die Zeitbereiche 0,1 s bis 99,9 s und 1 s bis 999 s ($\approx$ 16,5 Minuten). Die beiden Zeitbereiche sind mit dem Schalter S5 wählbar, wobei der kürzere Zeitbereich durch ein Dezimalzeichen im mittleren Ziffernanzeigebauelement kenntlich gemacht wird.
- Die gewählte Zeitzahl und damit die Stellungen der Vorwahlschalter werden durch 3 7-Segment-Lichtemitter-Anzeigebauelemente (LEA) angezeigt.
- Die Belichtung beginnt mit kurzzeitigem Schließen der Start-Taste S1 und kann durch Betätigen der Stop-Taste S2 vorübergehend unterbrochen werden. Die bis zu diesem Zeitpunkt verstrichene Zeit läßt sich von dem Ziffernanzeigetableau ablesen. Die Belichtung kann man durch erneutes Betätigen der Start-Taste fortsetzen. Dieser Vorgang ist wiederholbar. Der Zeitablauf beginnt anfangs von der vorgewählten Zeitzahl und verläuft rückwärtszählend gegen Null. Der Zeitablauf ist auf dem Anzeigetableau zu beobachten.
- Das Ende der Belichtungszeit wird durch einen Dauerton signalisiert, der zeitlich auf maximal 3 s begrenzt ist.
- Mit Beendigung des Belichtungsvorgangs stellt sich der Belichtungszeitgeber wieder auf die zu Beginn der Belichtung eingestellte Belichtungszeit ein.

- Die Rückstelltaste (Reset) S3 erlaubt es, einen begonnenen Belichtungsvorgang vorzeitig abzubrechen. Der Belichtungszeitgeber stellt sich auch dabei wieder auf die zuvor eingestellte Belichtungszeit ein.
- Die Helligkeit der Ziffernanzeigebauelemente läßt sich von Hand einstellen. Das gilt sowohl für eine Helligkeit zum blendfreien Arbeiten als auch für eine Helligkeit, von der empfindliches Schwarz-Weiß- oder Farbmaterial unter angemessenen Verarbeitungsumständen nicht beeinflußt wird.
- Für fotografische Einstellarbeiten kann die angeschlossene Lampe durch den Schalter S4 für Dauerlicht zeitlich unbegrenzt eingeschaltet werden.
- Die Schaltfunktionen Start, Stop, Rückstellen und Dauerlicht können über eine kabelgebundene Fernbedienung ausgelöst werden. Die Positionen des Start- und Stop-Schalters werden durch rot- und grünleuchtende Lichtemitterdioden markiert. Die Fernbedienung läßt sich auch als Fußschalter ausführen.
- Die 220-V-Lampe wird durch einen Halbleiter-Leistungsschalter geräuschlos ein- und ausgeschaltet.
- Zum Schalten großer Leistungen (>500 W) kann der Leistungsschalter umgerüstet werden.
- Es besteht die schaltungstechnische Möglichkeit, die Laborbeleuchtung (Duka-Lampe) – in Bild 1.2 schraffiert gezeichnet – im Wechsel mit der Lampe im Vergrößerungsgerät zu schalten.

Schaltungsaufbau

Der elektronische Teil des Belichtungszeitgebers setzt sich aus 3 Baugruppen zusammen. Die die elektronischen Bauelemente enthaltenden Leiterplatten der Baugruppen sind elektrisch über Kabelstränge miteinander verbunden und mechanisch, wie aus Bild 1.1 zu ersehen, über Abstandsstücke verschraubt. Diese Konstruktion ergibt eine kompakte Baueinheit, die sich in einer Gehäuseschale in einfacher Weise befestigen läßt und deren Bauelemente bei einer Überprüfung leicht zugänglich sind. Der Netztransformator und die Schalter (S1 bis S5) sind in der Baugruppe nicht integriert.

Die Leiterplatten der Baugruppen enthalten die nachstehend aufgeführten Schaltungsgruppen mit den im einzelnen genannten markanten Bauelementen:

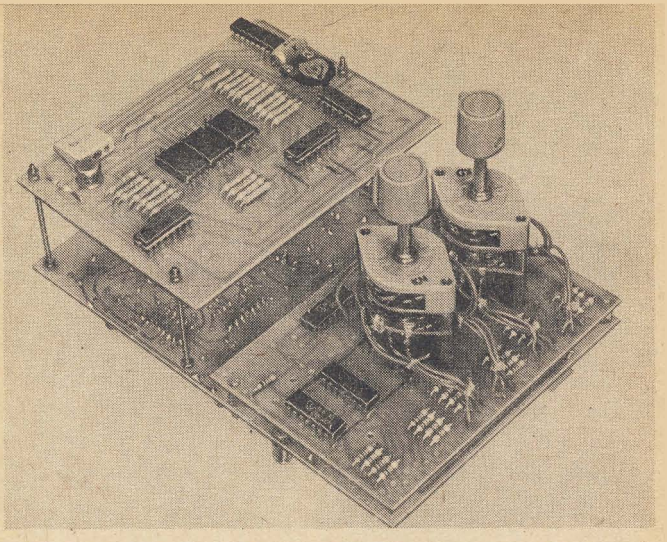


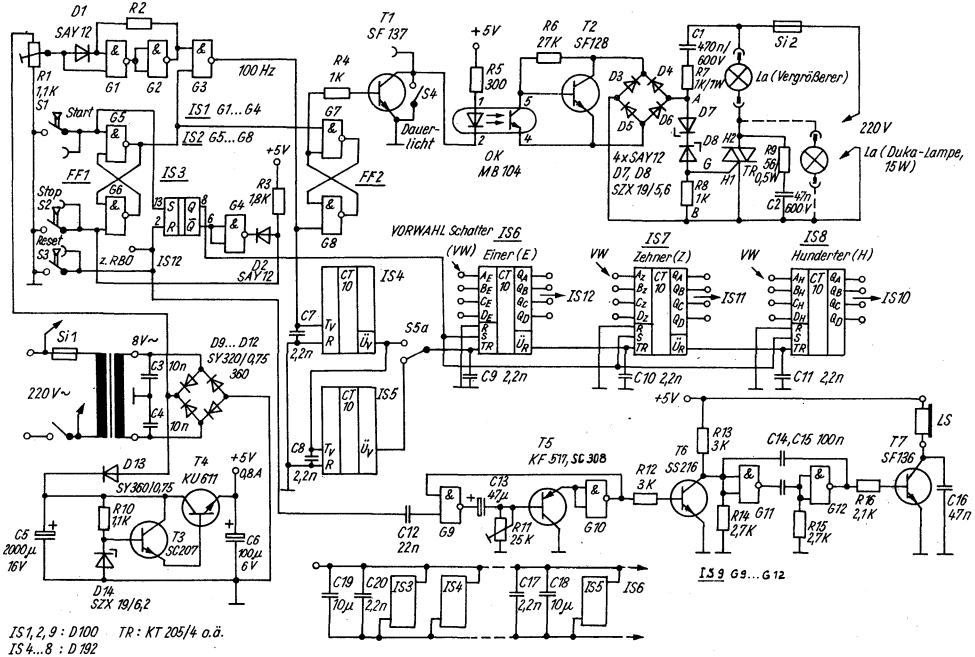
Bild 1.1 Mechanische Verbindung der Leiterplatten des Belichtungszeitgebers

1. Leiterplatte Z Zentraleinheit (Stromlaufplan Bild 1.2)
- Impulsformer- und Torschaltung IS1 und IS2 (G1 bis G8), IS3;
- Leistungsschalter mit Ansteuerung, TR, OK;
- Frequenzteiler IS4 und IS5;
- Zeitzähler IS6 bis IS8;
- Tongenerator IS9 (G11, G12);
  Abschaltautomatik IS9 (G9, G10), Schallwandler LS;
- Brückengleichrichter für Stromversorgung D9 bis D12, Spannungsstabilisator D14, T3, T4.

In Bild 1.3 ist die mit Bauelementen bestückte Leiterplatte dargestellt.

2. Leiterplatte A Anzeigeeinheit (Bild 1.4)
- BCD-7-Segment-Dekoder und Treiberschaltkreise IS10, IS12;
- Impulsgeber für Helligkeitsregelung IS13;
- Helligkeitsregler R42.

3. Leiterplatte V Vorwahlschalter
- 10stellige Vorwahlschalter S6 bis S8;
- Kodierschaltung IS14 bis IS20.



IS1, 2, 9 : D100 TR : KT 205/4 o.ä.
IS 4...8 : D 192
IS 3 : D 172

Bild 1.2 Stromlaufplan der Leiterplatte Z

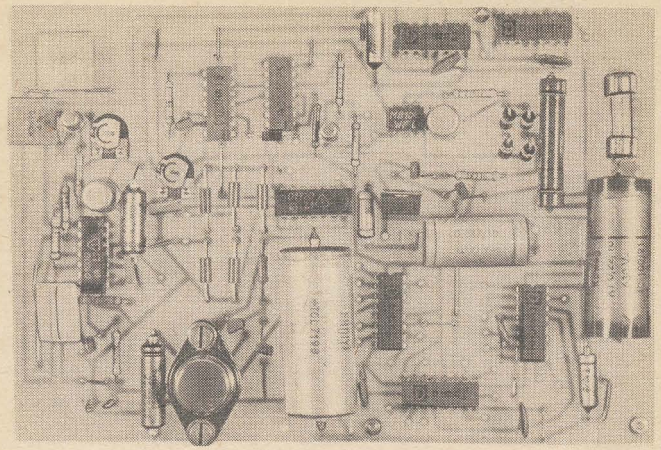


Bild 1.3 Leiterplatte Z mit Bauelementen

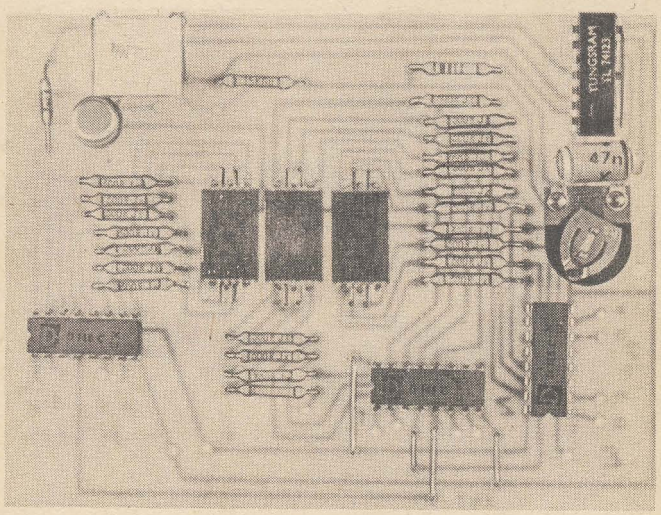


Bild 1.4 Leiterplatte A mit Bauelementen

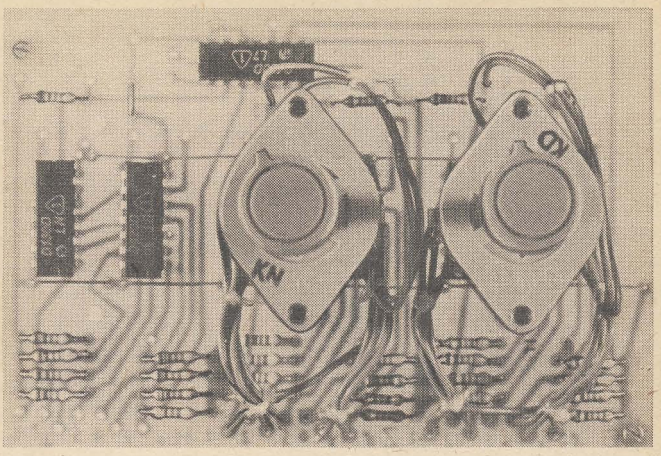


Bild 1.5 Leiterplatte V mit Bauelementen

Die aufgebaute Leiterplatte V mit Vorwahlschaltern zeigt Bild 1.5. Ein Vorwahlschalter wurde für das Foto entfernt.

Funktion der Schaltung (Bild 1.2)

Positive 100-Hz-Sinushalbwellen bilden die Zeitbasis für den Belichtungszeitgeber. Die positiven Halbwellen werden am Pluspol der Brückenschaltung D9 bis D12 abgenommen und dem Regelwiderstand R1 zugeführt. Vom Abgriff des Widerstands gelangen die Halbwellen, reduziert auf eine Amplitude von etwa 4 V (effektiv), in die Impulsformerschaltung mit den Gattern G1 und G2. In diesem Schaltungsabschnitt werden aus den Halbwellen TTL-gerechte Rechteckimpulse geformt. Das nachfolgende Gatter G3 hat Torfunktion. Es wird über das Flip-Flop FF1 (G5, G6) durch kurzzeitiges Schließen der Start-Taste S1 geöffnet. Von G5 erhält es zu diesem Zweck H-Potential. Der erste, das Gatter G3 (Tor) passierende 100-Hz-Impuls schaltet das Gatter G8 des FF2 um und bewirkt, daß der Ausgang von G8 von L nach H wechselt.

Leistungsschaltstufe

Durch die Potentialänderung an G8 kann in T1 Basisstrom fließen. Der Transistor wird durchgesteuert. Die Infrarot-Emitterdiode des Optokopplers *MB 104* erhält Betriebsstrom und be-

strahlt den ihr gegenüber angeordneten Fototransistor. Durch den leitend gewordenen Fototransistor liegt die Basis von T2 nahezu auf Emitterpotential. T2 sperrt und stellt mit seiner hochohmig gewordenen Kollektor-Emitter-Strecke für den überbrückten Zweig der Diodenbrücke D3 bis D6 keine nennenswerte Belastung dar. Das gilt auch für den anderen Brückenzweig. Er beeinflußt den aus D7, D8 und R8 bestehenden Teil des Spannungsteilers, dessen anderer Teil sich aus C1 und R7 zusammensetzt. Im betrachteten Fall bildet sich zwischen den Punkten A und B eine Spannung, deren Größe durch die leitend werdende Z-Diode D8 (bei positiver Halbwelle an der Katodenseite) begrenzt wird. Die Z-Diode D7 fungiert während der positiven Halbwelle als normale Diode in Durchgangsrichtung. Der in seiner Größe und Phasenlage durch C1, R7, D7 und D8 festgelegte Gatestrom steuert den Triac in den leitenden Zustand. Bei einer negativen Halbwelle wechseln die Aufgaben der Z-Dioden D7 und D8. Die übrigen Steuerbedingungen entsprechen den zuvor dargestellten Verhältnissen.

Durch ein mit S2 ausgelöstes Stopp-Signal ergeben sich für die Bauelemente der Lampensteuerung entgegengesetzte Betriebsbedingungen. Die Kollektor-Emitter-Strecke des nunmehr unbestrahlten Fototransistors wird hochohmig. Über R5 fließt unter dieser Bedingung ein Basisstrom, der T2 durchsteuert. Durch den leitend gewordenen Transistor fließt ein Strom. Die daraus resultierende Spannung fällt zwischen den Punkten A und B auf einen Wert ab, der sich aus der Sättigungsspannung von T2 und den Durchlaßspannungen von D4 und D5 zusammensetzt. Die Summe dieser Spannungen liegt unter der Z-Spannung ($U_Z = 5{,}6$ V) der jeweils in Funktion befindlichen Z-Diode (zuzüglich der Durchlaßspannung der anderen in Durchlaßrichtung betriebenen Z-Diode). Unter diesen Gegebenheiten kann die Z-Diode (D8 bei positiver Halbwelle) nicht durchschalten. Es fließt deshalb auch kein Gatestrom, der Triac bleibt gesperrt. Die realisierte Ansteuerschaltung ist für Triacs dimensioniert, zu deren Ansteuerung ein Gatestrom von mindestens $I_G = 40$ mA fließen muß. Der kapazitive Widerstand des Kondensators C1 ist für die Größe des Gatestroms ausschlaggebend.

Mit dem Triac *KT 205/400* können ohne Kühlkörper Lampenleistungen bis zu 150 W geschaltet werden. Diese Leistung entspricht den meisten in Vergrößerungsgeräten verwendeten Lam-

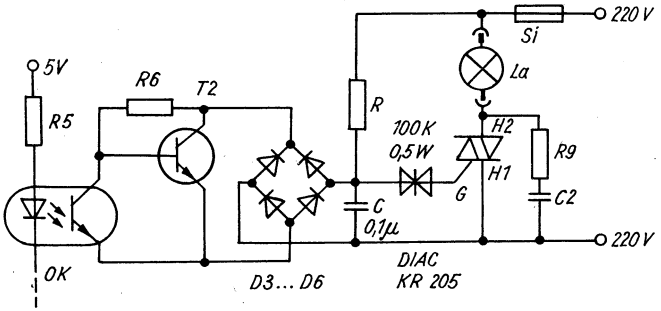


Bild 1.6 Triacansteuerung durch Diac (übrige Dimensionierung siehe Bild 1.2)

pen. Ist der Triac mit einem Kühlblech von 25 cm² versehen, so kann man die Lampenleistung auf etwa 500 W erhöhen.
Wesentlich höhere Lampenleistungen, z. B. zeitliche Steuerungen der Studiobeleuchtung für bestimmte Aufnahmeprobleme, können nur mit entsprechend leistungsfähigen Triacs geschaltet werden. Geeignet ist dafür z. B. der Typ *TC-10* mit Kühlkörper für Leistungen bis zu 1000 W. Triacs werden in Verbindung mit Kühlkörpern betrieben und sind wegen ihrer räumlichen Ausdehnung außerhalb der Leiterplatte zu montieren.
Bild 1.6 zeigt die Schaltungsvariante für die Ansteuerung eines Triacs durch einen Diac. Diese Schaltung ist vorteilhaft zur Ansteuerung von solchen Triacs, die einen relativ hohen Gatestrom zur Zündung benötigen. Die im Kondensator gespeicherte Energie dient in dieser Steuerschaltung zur Ansteuerung der Gateelektrode.

Frequenzteiler/Zählschaltung
Zum gleichen Zeitpunkt, da über T1 und der nachfolgend angeordneten Leistungssteuerschaltung die Lampe La eingeschaltet wird, gelangen aus der geöffneten Torschaltung 100-Hz-Impulse in die Frequenzteilerstufen IS4 und IS5. Beide aus dekadischen Zählern bestehenden Stufen sind in Vorwärtszählrichtung geschaltet. Am Ausgang des ersten Zählers ist die in diesen Schaltkreis eingegebene 100-Hz-Frequenz auf 10 Hz herabgeteilt. In IS5 findet eine nochmalige 10:1-Teilung statt. Die an dessen

Ausgang entnehmbaren 1-Hz- oder 1-s-Impulse dienen als Zeitbasis für den Belichtungszeitbereich von 1 s bis 999 s. Der Zeitbereich läßt sich mit dem Schalter S5a wählen. Die am Ausgang von IS4 vorhandenen 10-Hz- bzw. 0,1-s-Impulse sind die Zeitbasis für einstellbare Belichtungszeiten von 0,1 bis 99,9 s. Mit dem Schalter S5a wird auch S5b betätigt und über diesen das Dezimalzeichen in LEA2 eingeschaltet.

Die dekadischen Schaltkreise IS6 bis IS8 sind als Rückwärtszähler geschaltet. Die in IS6, dem Einerzähler, einlaufenden 1- oder 0,1-s-Impulse lassen diesen und die nachfolgenden Zählschaltkreise von der vorgewählten Zeitzahl rückwärtszählend gegen Null laufen.

Die vor Zählbeginn (Belichtungsbeginn) mit S6, S7 und S8 gewählten Ziffern für die Zeitzahl werden in die mit A_E bis D_E, A_Z bis D_Z und A_H bis D_H bezeichneten Stelleingänge eingegeben. Die Ladeeingänge der Zähler erhalten im Ruhezustand von IS3, $\overline{Q}$-Ausgang, L-Pegel. Damit entsprechen die Zählerstände den Stellungen der Vorwahlschalter. Die jeweiligen Zählerstände werden somit auch über die nachgeschalteten Dekoder/Treiber IS1 bis IS3 (Bild 1.2) durch die Ziffernanzeigebauelemente LEA1 bis LEA3 angezeigt.

Wirkungen der RS-Flip-Flop in Zusammenhang mit den Schaltern Start, Stop, Reset und Zählendeimpuls

Mit dem Einsatz des als RS-FF genutzten IS *D 172* wird erreicht, daß einerseits der Belichtungsvorgang vorübergehend unterbro-

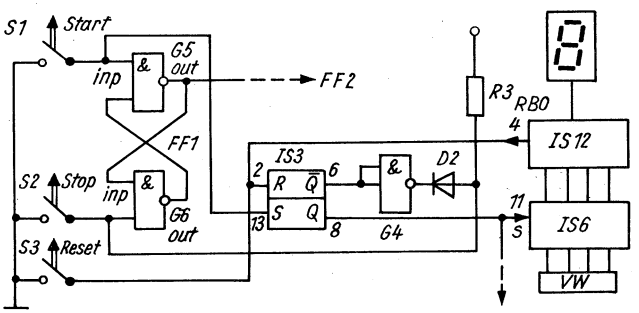


Bild 1.7 Funktion IS3 mit Start-/Stop-/Resetschalter

chen werden kann und andererseits nach Ablauf der Belichtungszeit (Zählerstand Null) die Zähler sich automatisch auf die mit S6, S7 und S8 vorgewählten Zeitzahlen zurückstellen. Der in Bild 1.7 gezeigte Schaltungsauszug erleichtert das Verständnis der folgenden Erklärung hierzu.

Mit Betätigen des Schalters S1 (Start) erhalten der angeschlossene Gattereingang G5 und der S-Eingang von IS3 kurzzeitig Massepotential. Das führt zu einem Pegelwechsel an den Ausgängen von FF1 (und FF2). Die Wirkungen, die sich bei dem an G5 anschließenden Schaltungskomplex ergeben, wurden bereits beschrieben.

Der Ausgang Q von IS3 und die mit diesem verbundenen Ladeeingänge S der Zählerschaltkreise IS6 bis IS8 nehmen H-Pegel an. Von diesem Zeitpunkt bis zum Ende der Belichtungszeit kann durch die Vorwahlschalter nicht mehr über die Dateneingänge auf die innere Schaltung der Zähler eingewirkt werden.

Der $\overline{Q}$-Ausgang hat dagegen L-Pegel angenommen. Dieser Pegel wird durch G4 invertiert und bewirkt am Gatterausgang H-Pegel. Die Diode D2 und der Widerstand R3 schützen den Gatterausgang von G4 vor Überlastung. Ohne die genannten Bauelemente würde der Gatterausgang G4 bei geschlossenem Schalter S2 vorübergehend an Masse gelegt. Während der Belichtungsphase (S1 betätigt) und für den Zeitraum der Belichtungsunterbrechung (S2 betätigt) verändert sich der Pegel am Ausgang des Gatters G4 nicht. Der H-Pegel dieses Gatterausgangs bleibt auf die übrige Schaltung ohne Wirkung. Der Stop-Vorgang, mit S2 ausgelöst, kippt lediglich die Ausgänge von FF1 und (nachfolgend FF2) in die entgegengesetzte Pegellage. Aus dieser ergeben sich dann die bereits bekannten Schaltfolgen.

Erreichen dagegen die Zähler den Endstand Null, oder wird der Belichtungsvorgang mit der Rückstelltaste (Reset) S3 vorzeitig abgebrochen, so tritt in beiden Fällen am Eingang R von IS3 kurzzeitig ein L-Signal auf. Die Herkunft des durch die Zählerstände Null ausgelösten L-Signals wird im nächsten Abschnitt erläutert.

Dieses L-Signal bewirkt in der Gesamtschaltung 2 Vorgänge:

1. Von IS3 schaltet der Ausgang $\overline{Q}$ von L auf H um. G4 invertiert diesen Pegel, so daß an der Katode von D2 ein niedrigeres Potential als an der Anode liegt. Deshalb kann durch D2 ein

von R3 begrenzter Strom in den Gatterausgang fließen. Die Spannung an der Anode von D2 fällt auf einen Wert ab, der sich aus der Summe der Durchlaßspannung von D2 und der Kollektor-Emitter-Spannung des Ausgangstransistors von G4 zusammensetzt. Dieser als L-Pegel aufzufassende Spannungswert schaltet über den Eingang von G6 das FF1 um. Der Ausgang von G5 wechselt somit von H nach L. Die Torschaltung G3 und T1 wird gesperrt. La erlischt.

Der Ausgang Q von IS3 hat durch den am Eingang R wirksam werdenden L-Impuls selbst L-Pegel angenommen. Dieser L-Pegel öffnet über die Ladeeingänge die Dateneingänge der Zähler. Bei der automatischen Rückstellung stellen sich die Zähler sofort auf ihre Ausgangspositionen ein. Sie ist durch den unveränderten Stand der Vorwahlschalter gegeben. Eine andere Zeitzahl läßt sich jetzt wählen, da sie durch die Ziffernanzeige erkennbar ist. Während des Belichtungsvorgangs kann man die Stellung der Vorwahlschalter prinzipiell verändern. Sie wird aber durch die Ziffernanzeigebauelemente nicht angezeigt.

Die an den wichtigsten miteinander im Zusammenhang stehenden Bauelementen sich einstellenden Pegelverhältnisse beim Betätigen der Schalter S1, S2 und S3 sind in Tabelle 1.1. zusammengefaßt.

2. Durch das L-Signal wird ein zeitlich begrenztes akustisches Signal ausgelöst. Es weist auf das Ende der Belichtungszeit hin. Ein kurzer L-Impuls genügt, um den Multivibrator (G9, T5, G10) in die aktive Lage zu kippen. Die Zeitdauer, in der er in dieser Lage verharrt, läßt sich mit R11 bis etwa 3 s einstellen. Für

Tabelle 1.1.

	Start	Stop	Reset/Zählende
G4 out	H	H	L
G5 inp	(L) H	H	H
G5 out	H	L	L
G6 inp	(L) H	H	L
G6 out	L	H	H
S	(L) H	H	H
R	H	H	(L) H
$\overline{Q}$	L	L	H
Q	H	H	L

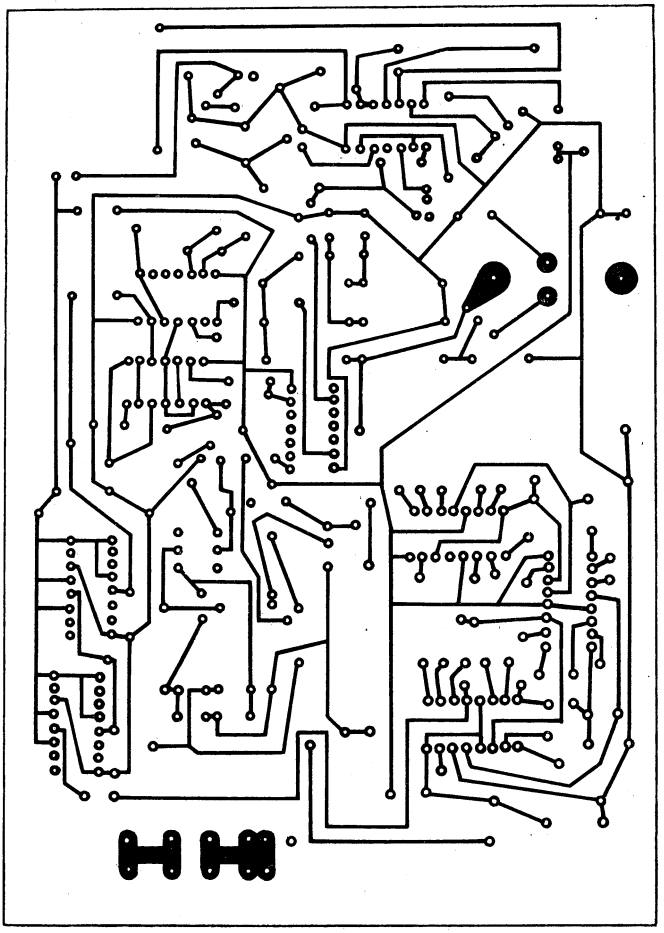


Bild 1.8 Leiterplatte Z (Achtung: Originalgröße der Leiterplatte ist 113 mm × 165 mm)

diesen Zeitraum ist das akustische Signal wahrnehmbar. Durch den zeitlich begrenzten Pegelwechsel am Ausgang von G10 kann über T6 der astabile Multivibrator (G11, G12) anschwingen. Die

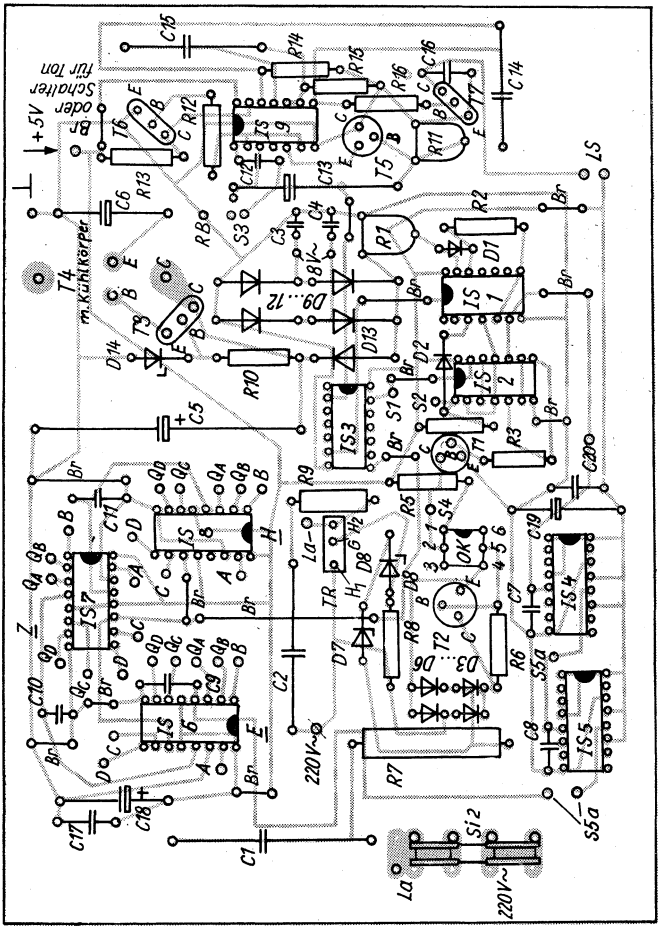
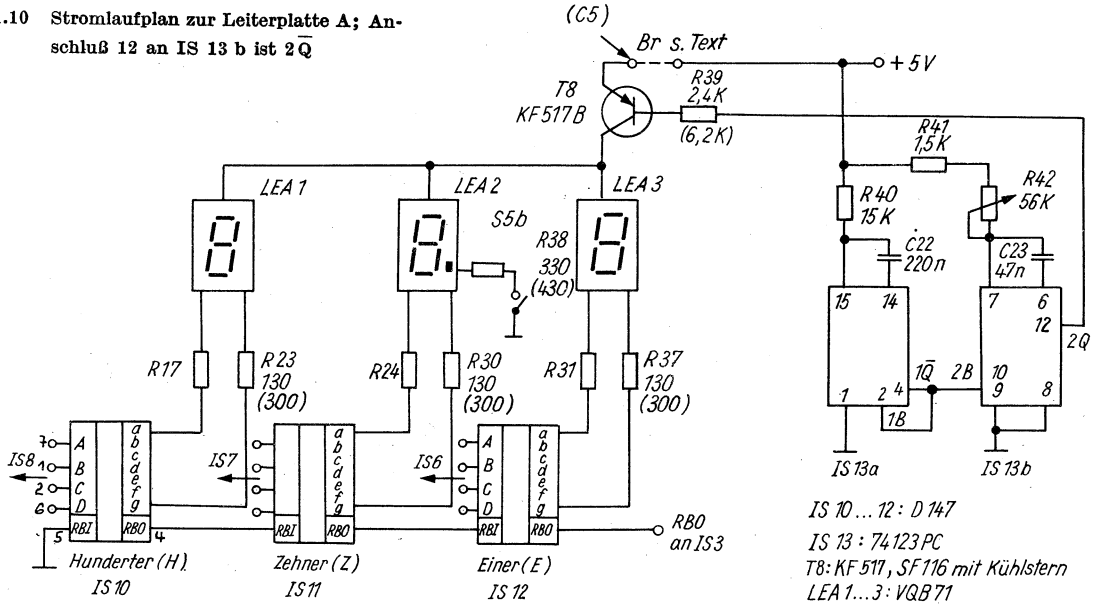


Bild 1.9 Bauelementeanordnung für Leiterplatte Z

erzeugte Tonfrequenz läßt sich über eine Telefonhörkapsel oder über einen Ohrhörer abstrahlen.

Das Leiterbild der beschriebenen Baugruppe zeigt Bild 1.8, und die Anordnung der Bauelemente auf der Leiterplatte ist aus Bild 1.9 zu ersehen.

Bild 1.10 **Stromlaufplan zur Leiterplatte A; Anschluß 12 an IS 13 b ist $2\overline{Q}$**



Widerstände in (...) b. Stromversorgung v. C5

IS 10 ... 12 : D 147

IS 13 : 74123 PC

T8: KF 517, SF 116 mit Kühlstern

LEA 1 ... 3 : VQB 71

Die Dekoder-/Treiber-Schaltkreise IS10 bis IS12 sind mit den Ziffernanzeigebauelementen über die die Segmentströme begrenzenden Widerstände R17 bis R37 in üblicher Weise verbunden (Bild 1.10).

Der Dekoder-/Treiber-Schaltkreis *D 147* enthält eine vorbereitete schaltungstechnische Eingriffsmöglichkeit, die es erlaubt, links vor einer Zahl oder vor dem Dezimalzeichen stehende Nullen, die für die angezeigte Zahl bedeutungslos sind, zu unterdrücken. Diese Eigenschaft des Schaltkreises wird im vorliegenden Fall in zweifacher Weise genutzt. Dazu ist lediglich der mit RBI bezeichnete Eingang des Schaltkreises IS10, es ist wertmäßig die höchste Stelle, an Masse zu legen. Die Nullausblendung beginnt mit dieser Stelle, da beim Abwärtszählen der zugehörige Zähler IS8 zuerst den Zählerstand Null erreicht, oder wenn der Vorwahlschalter S6 (Bild 1.17) auf der Position Null steht. Am Ausgang RBO des gleichen Schaltkreises wird die erreichte Nullstellung durch L-Pegel signalisiert, der nunmehr den folgenden Schaltkreis IS11 auf die zu erwartende Nullstellung vorbereitet. Das gleiche gilt auch für IS12. Aus der aufeinanderfolgenden Abhängigkeit der Nullausblendung ist zu ersehen, daß L-Pegel am RBO-Ausgang von IS12 nur dann zur Verfügung stehen kann, wenn in allen 3 Dekoder-/Treiber-IS die Ziffer Null eingegeben ist. Diese Tatsache nutzt man für die automatische Rückstellung der Zähler, wozu das L-Signal an den Eingang R von IS3 (Bild 1.2) geführt wird. Die sich daraus ergebenden Schaltfolgen sind im vorangegangenen Abschnitt erläutert worden.

Die praktisch leistungslose Regelung der Helligkeit der Anzeigebauelemente LEA1 bis LEA3 geschieht durch Änderung der Impulsbreite der ihnen zugeführten positiven Betriebsspannung. Diese Spannung wird mittels T8 in schnellem Wechsel ein- und ausgeschaltet, und zwar mit einer Frequenz, die vom Auge nicht wahrgenommen wird.

Für die Impulserzeugung dient der Schaltkreis IS13 *(74123 PC, DL 123)*. Er enthält 2 nachtriggerbare monostabile Kippstufen mit Rückstelleingang. Die erste Kippstufe IS13a ist als Oszillator geschaltet. Zu diesem Zweck ist deren 1-$\overline{Q}$-Ausgang mit dem Eingang 1B (Pin 2) verbunden. Die Frequenz beträgt etwa 800 Hz und wird durch die Werte von R40 und C22 festgelegt.

Am Ausgang $1\overline{Q}$ liegt ein negativer Impuls mit einer Impulsbreite von $t_p \approx 20$ ns an. Dieser schmale Impuls triggert über den Eingang 2B die zweite Kippstufe (IS13b). Deren Impulsbreite ist durch R42 variabel und mit C23 grob fixiert. Die am Ausgang $2\overline{Q}$ zur Verfügung stehende, in der Impulsbreite variable Impulsfrequenz steuert T8.

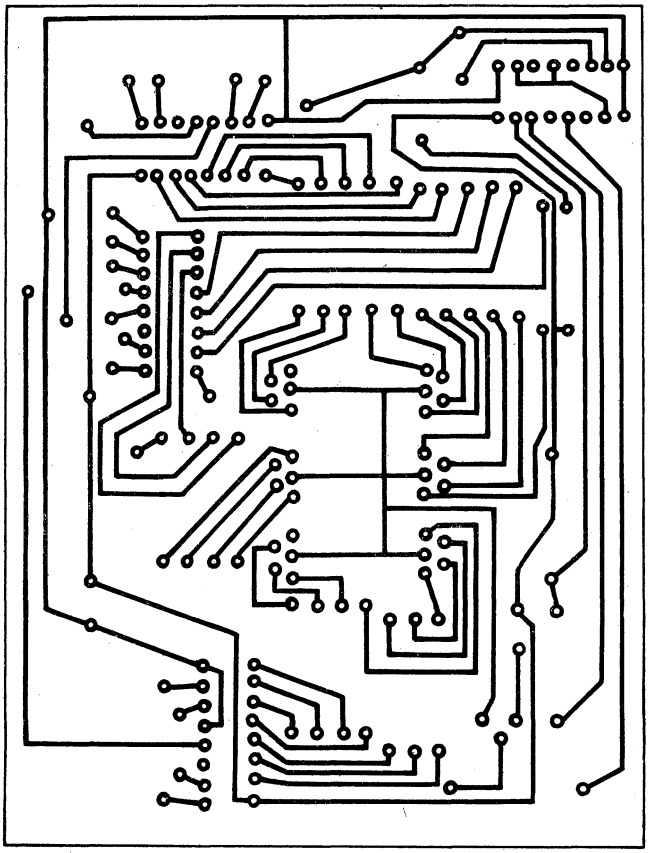


Bild 1.11 Leiterplatte A

Die angewendete Helligkeitsregelung ist insofern ungewöhnlich, da bei ihr nicht von der dafür im Schaltkreis *D 147* vorgesehenen Steuermöglichkeit Gebrauch gemacht wird. Normalerweise würden die mit RBI bezeichneten Eingänge in ähnlicher Weise durch Impulsfolgen getastet werden. Die RBO-Ausgänge folgten dann den wechselnden Impulsamplituden. Die erste an den Eingang R

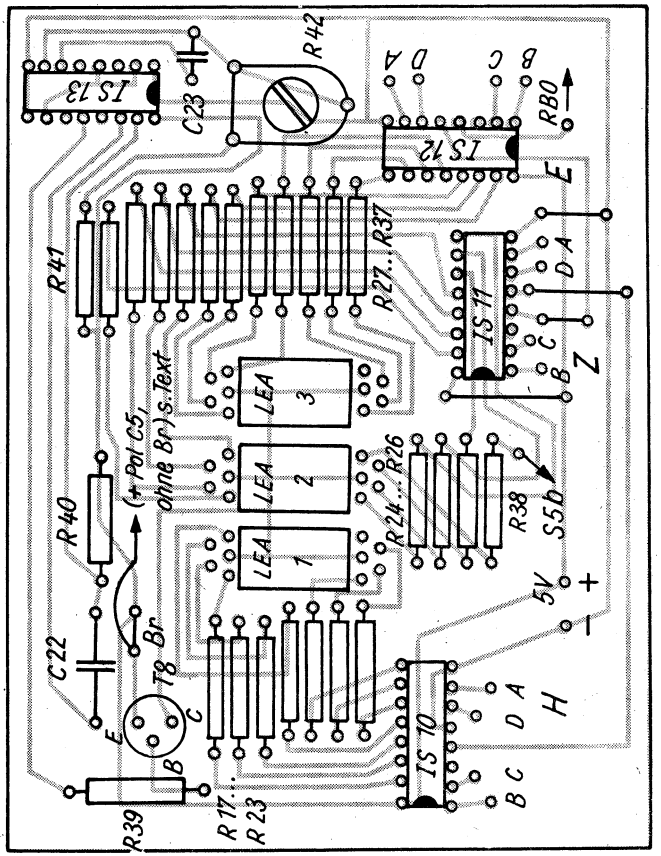
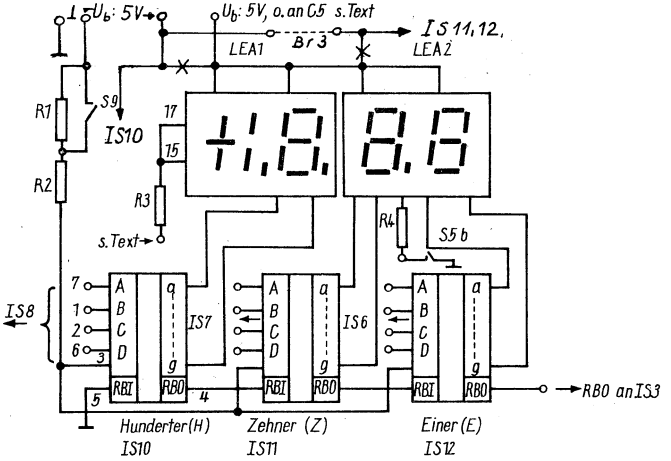


Bild 1.12 Bauelementeanordnung für Leiterplatte A

von IS3 (Bild 1.2) gelangende HL-Flanke eines Hell-Dunkel-Impulses würde über IS3 einen Schaltvorgang auslösen, wie er bei einem L-Impuls der Fall wäre, der durch den Zählerstand Null oder durch Betätigen der Rückstelltaste zustande kommt. Die Ziffernanzeigebauelemente sollten zur Entlastung des Spannungsstabilisators mit der an C5 abgreifbaren Spannung betrieben werden. Diese Spannung wird bei entfernter Brücke Br (Bild 1.10) an bezeichneter Stelle zugeführt. Die Versorgung der Anzeigebauelemente mit einer Betriebsspannung, die größer als die 5-V-TTL-Spannung ist, bringt den Vorteil gleichmäßiger Leuchtdichte der Ziffernsegmente. Die keineswegs für die Anzeigebauelemente (2 LED je Segment – doppelte Durchlaßspannung) optimale 5-V-Betriebsspannung bedingt relativ kleine Segmentwiderstände. Deren Toleranzen und die der im Strompfad liegenden Bauelemente können deutlicher sichtbare Helligkeitsunterschiede herbeiführen, als das bei größeren Widerständen der Fall wäre. Die Leiterzuganordnung für die LPA zeigt Bild 1.11, die Anordnung der Bauelemente auf dieser Bild 1.12.

Leiterplatte Ziffernanzeige II

Bild 1.13 zeigt den Stromlaufplan für eine weitere Anzeigeeinheit, die mit Lichtschacht-Anzeigebauelementen *VQE 22* und *VQE 24* ausgestattet ist. Diese Anzeigebauelemente haben 12,7 mm große grün leuchtende Ziffern *(VQB 71:* 7 mm*)*. Für die im Fotolabor auftretenden Arbeitsbedingungen ergeben diese Anzeigebauelemente ein besser ablesbares und auch ästhetischeres Ziffernbild. Zum Ansteuern der Ziffernsegmente sind die in I^2L-Technik hergestellten Dekoder-/Treiber-Schaltkreise *D 345*, *D 346*, *D 347* oder *D 348* geeignet. Diese Schaltkreisfamilie hat einen sehr vorteilhaften geringen Eigenstromverbrauch von $I_{smax} \approx 20$ mA (beim *D 147* ist $I_{smax} = 90$ mA). Deshalb werden auch keine strombegrenzenden Widerstände in den Segmentzuleitungen benötigt. Die Dekoder-/Treiber-Schaltkreis-Familie ist PIN-kompatibel mit der *D 147*, wobei für die Typen *D 346* und *D 348* der Eingang LT (Lampentest) zur Segmentstromeinstellung herangezogen wird. Die Helligkeit des Anzeigebildes ist vom Segmentstrom abhängig. Die Größe des Segmentstroms läßt sich durch einen äußeren Widerstand *R1* + *R2* umschalten oder kontinuierlich durch ein Potentiometer beeinflussen.



$R1+R2 \approx 50\,k\Omega$
$R3, R4: 0.5\,V \approx 240\,\Omega, 0.8\,V \approx 470\,\Omega$

IS10...12: D 346, D 348
LEA1: VQE 22
LEA2: VQE 24

Bild 1.13 Stromlaufplan für Anzeigeeinheit II. Bei Betrieb LEA an C5 Leitung x unterbrechen

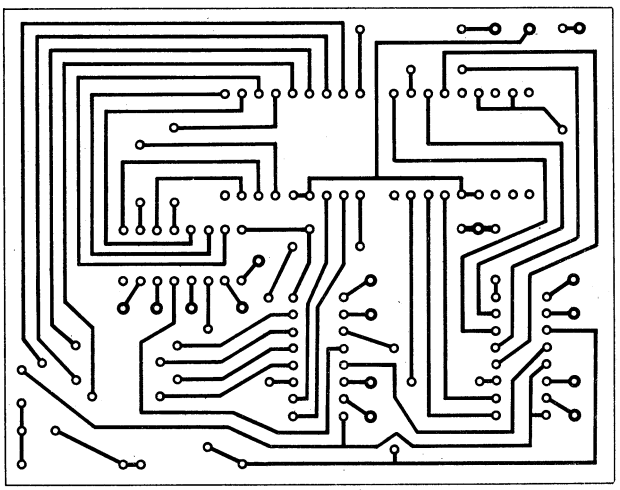


Bild 1.14 Leiterplatte für Anzeigeeinheit II

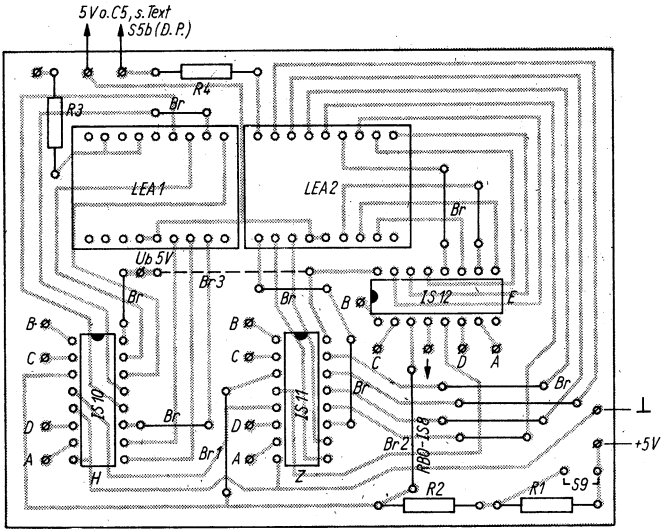


Bild 1.15 Bauelementeanordnung für Leiterplatte nach Bild 1.14

Bei mehreren Dekoder-/Treiber-IS wird dieser Widerstand nur einmal benötigt.

Die IS *D 345* und *D 347* sind nicht mit dieser Steuermöglichkeit ausgerüstet. Der Segmentstrom ist fest eingeprägt und liegt im Bereich $I_F = 8$ bis 13 mA. Eine Helligkeitsregelung ist nur mit der im Stromlaufplan Bild 1.10 angewandten Methode möglich.

Das Leiterplattenlayout (Bild 1.14) und die Bauelementeanordnung (Bild 1.15) sind für den Einsatz der Typen *D 346* / *D 348* zugeschnitten. Stehen *D 345* / *D 347* zur Verfügung, müssen die die PIN (3) verbindenden Leiterzüge aufgetrennt werden.

Es erweist sich als praktisch, den Schalter S9 für die Ziffernhelligkeit mit S4 (Dauerlicht/Fokus) in einem 2poligen Umschalter zusammenzufassen. Damit wird zwangsläufig erreicht, daß einerseits die beim Belichtungsvorgang wirkende Blendwirkung der Anzeigeeinheit vermieden und andererseits unerwünschtes Streulicht auf ein Minimum herabgesetzt wird.

Zu vermerken bleibt, daß die 1. Stelle der 2stelligen *VQE 22* (LEA 1) unbenutzt ist. Jedoch besteht die Möglichkeit, die freien Symbolsegmente für spezielle Informationen heranzuziehen. Bei-

spielsweise bietet es sich an, die Segmente d_U (15) und d_L (17) als Doppelpunkt im Sekundenrhythmus blinken zu lassen. LEA 1 kann auch durch eine weitere *VQE 24* ersetzt werden. Anschluß 15 ist aufzutrennen. Für Blinksignale wird das Segment G benutzt. Die komplette Anzeigeeinheit ist im Bild 1.16 wiedergegeben.

Vorwahlschalter

Den Stromlaufplan für die Leiterplatte mit den Vorwahlschaltern S6, S7 und S8 und der Kodierlogik zeigt Bild 1.17. Bild 1.18 und Bild 1.19 zeigen die Leiterplatte sowie den Bestückungsplan. Die logische Verknüpfung eines dekadischen Drehschalters (z. B. S6) mit den ihm zugeordneten Schaltkreisen (z. B. IS14 und IS15) und einem Gatter aus IS20 ist für die beiden anderen Vorwahlschalter in gleicher Weise vorgenommen worden.

Die gewünschten Schalterstellungen lassen sich durch die Anzeigebauelemente unter Dunkelkammerbedingungen gut einstellen. Die Binärausgänge A_H bis D_H der Hunderter-, A_Z bis D_Z der Zehner- und A_E bis D_E der Einer-Vorwahlschalter sind mit den entsprechend gekennzeichneten Dateneingängen von IS6 bis IS8 verbunden.

Die vorgewählten Ziffern werden – wie schon erwähnt – in die Zähler übernommen, nachdem die Zähler in ihre Ausgangsposition zurückgestellt wurden.

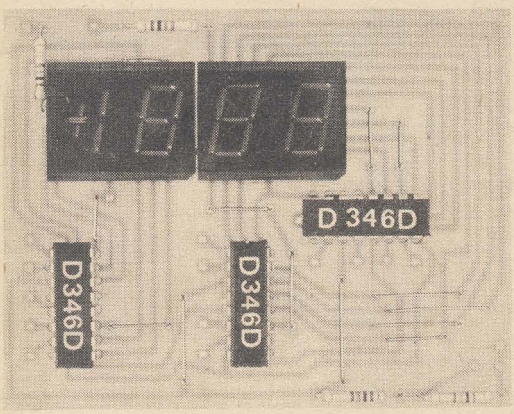


Bild 1.16 Ansicht der bestückten Leiterplatte für Anzeigeeinheit II

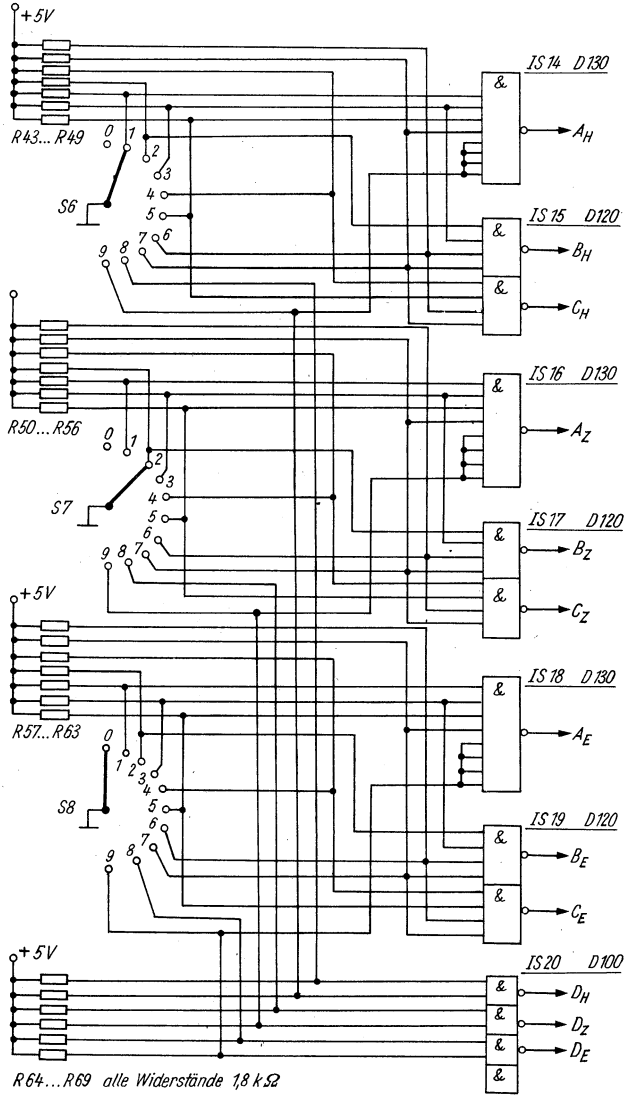


Bild 1.17 Stromlaufplan zur Leiterplatte V

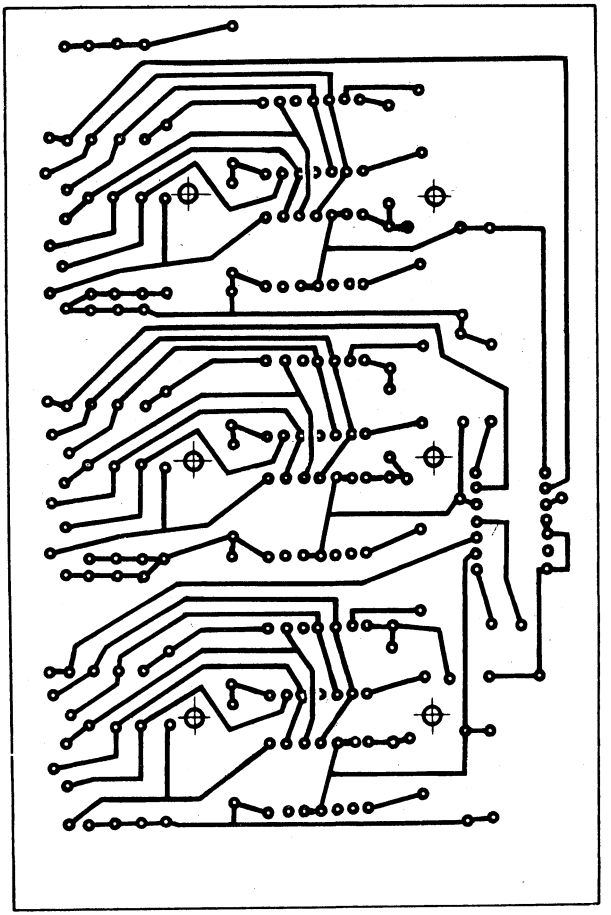


Bild 1.18 Leiterplatte V

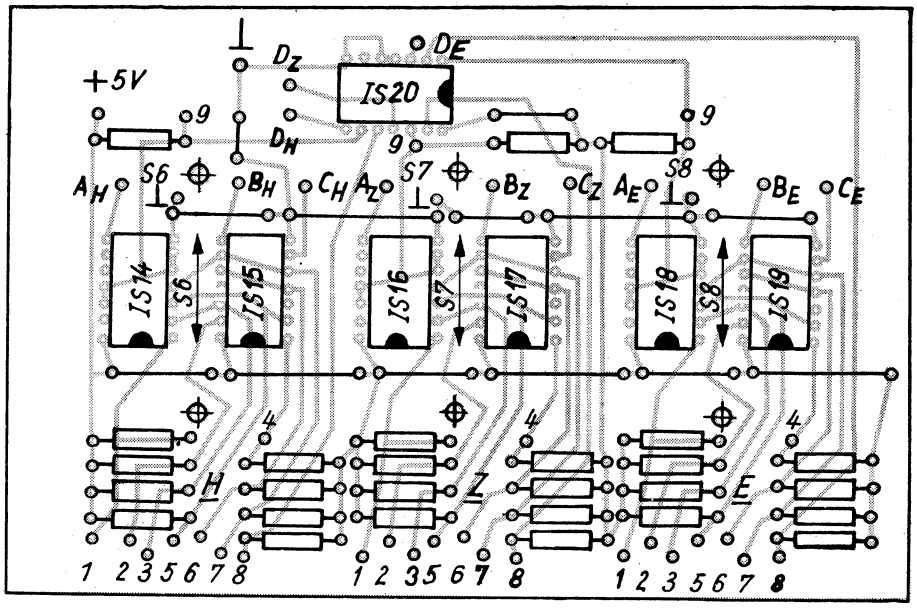


Bild 1.19
Bauelementeanordnung für Leiterplatte V

Netzteil

Der Transformator (Trafokern M 55) für den Netzteil muß eine Sekundärwicklung für 7 bis 8 V (effektiv) haben. Von dieser Wicklung werden sowohl die 5-V-TTL-Versorgungsspannung als auch die positiven 100-Hz-Halbwellen für die 1-Hz-Takterzeugung abgeleitet.

Für die Stabilisierung der 5-V-Spannung ist eine herkömmliche Schaltung mit einem Leistungstransistor im Längszweig der Plusleitung gewählt worden. Durch die Diode D13 bleibt die Brückenschaltung D8 bis D12 gleichstromfrei. Das wäre nicht der Fall, wenn der Ladekondensator C5 direkt an der Gleichrichterbrücke angeschaltet ist. Diese schaltungstechnische Maßnahme leitet sich aus der Tatsache ab, daß die an der Gleichrichterbrücke zur Verfügung stehenden 100-Hz-Halbwellen für die Taktgewinnung mit ausgenutzt werden.

Fernbedienung

Die Vorteile einer Fernbedienung des Belichtungszeitgebers ergeben sich aus mehreren Gesichtspunkten:

- Der Belichtungszeitgeber kann an eine Wand gehängt werden. Damit liegt er nicht auf dem Tisch und ist auf diese Weise Chemikalienspritzern weniger ausgesetzt.
- Der Fernbedienteil hat sehr kleine Abmessungen und kann am günstigsten Bedienort plaziert werden.
- Der Fernbedienteil für Handbetrieb läßt sich gegen einen für Fußbetrieb austauschen, oder beide Fernbedienformen, Hand- und Fußbetrieb, können parallel angeschlossen und betrieben werden.
- Die Fernbedienung erweist sich bei langen Belichtungsprozessen und bei der Durchführung spezieller fotografischer Techniken als zweckmäßig, da sie ein absolut erschütterungsfreies Arbeiten ermöglicht oder man für bestimmte Tätigkeiten, z. B. Teilbelichtungen, beide Hände frei hat.

Der Fernbedienteil (Bild 1.20) für Handbedienung enthält 3 Taster und einen Schalter für die Funktionen Start, Stop, Reset und Dauerlicht. Auf Grund der angewendeten Eingangsschaltung für diese Funktionen genügen einpolige Taster bzw. Schalter, die möglicherweise auch den im Gerät installierten parallelgeschaltet werden können und die dann ebenso wie diese einpolig an Masse liegen.

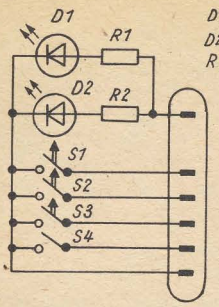


Bild 1.20
Stromlaufplan der Fernbedienung

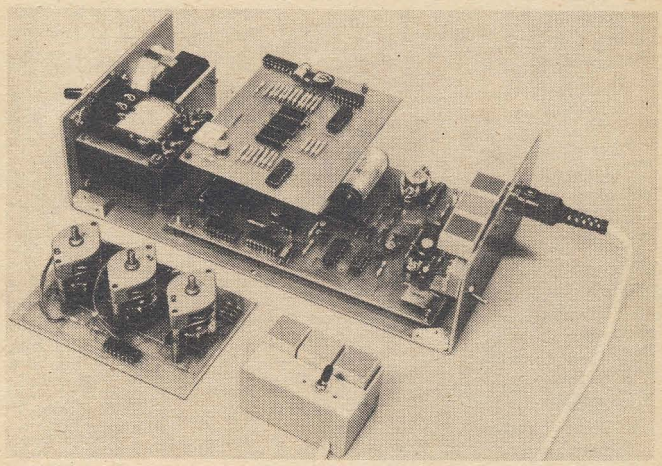


Bild 1.21 Ansicht des Belichtungszeitgebers

Um die Lage der Start-Stop-Taster in der abgedunkelten Umgebung sicher erkennen zu können, ist deren Position durch schwach rot- und grünleuchtende LED gekennzeichnet. Für die Resettaste kann eine gelbleuchtende LED eingesetzt werden.
Der Fernbedienteil für Fußbetrieb sollte sinnvollerweise nur mit dem Start- und Stop-Schalter ausgestattet sein. Dafür eignen sich robust ausgeführte Springschalter, wie sie für industrielle Zwecke hergestellt werden. Wenn beide Fernbedienungsarten gleichzeitig nutzbar sein sollen, empfiehlt es sich, für die zweite Fernbedienung eine zusätzliche Diodensteckdose vorzusehen.

Bild 1.21 zeigt die Gesamtansicht des Geräts. Es hat sich als praktisch erwiesen, das Gerät an die Wand zu hängen und über die Fernbedienung die Schaltvorgänge auszuführen. Auf diese Weise wird Arbeitsfläche gewonnen.

Leistungsschalter mit Relais

Es kann Gründe geben, als Leistungsschalter die Kontakte eines elektromagnetischen Relais verwenden zu wollen.

Es werden 2 schaltungstechnische Varianten vorgestellt.

1. Ein 220-V-Wechselspannungsrelais oder Schaltschütz wird durch den in der Schaltung eingebauten Triac direkt angesteuert. Das Relais läßt sich für diesen Zweck beispielsweise in ein gesondertes Gehäuse einbauen und als Zusatzgerät benutzen, das im Bedarfsfall an den Belichtungszeitgeber über ein Verbindungskabel angeschlossen wird.
2. Ein Niederspannungsrelais für Halteströme bis zu 100 mA, z. B. *GBR 10* (Bild 1.22), wird an Stelle der Reihenschaltung von Optokoppler OK und Widerstand R5 eingefügt. Der Relaiswicklung muß eine Freilaufdiode parallelgeschaltet werden. Die Diode verhindert die Zerstörung des Schalt-

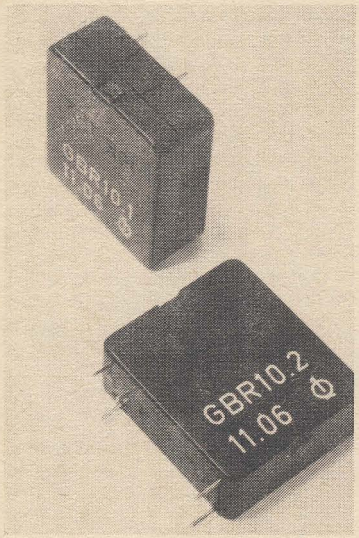


Bild 1.22
Kleinleistungsrelais *GBR 10.1* für liegende und *GBR 10.2* für stehende Leiterplattenmontage. Schaltleistung $U\sim = 220$ V; 2200 VA!

transistors durch Induktionsspannungen der Relaiswicklung. Die Katode der Freilaufdiode liegt an der Stelle der Betriebsspannungszuführung. Die Betriebsspannung des Relais sollte an C5 abgenommen werden.

1.2. Vereinfachter Belichtungszeitgeber in TTL-Technik

Bei der Schaltung dieses Belichtungszeitgebers werden ebenfalls die Vorteile genutzt, die sich durch die Anwendung von TTL-Schaltkreisen ergeben:
- Netzfrequenz als Zeitbasis,
- abgestufte Zeitbereiche von 0,1 s bis 9,9 s und 1 s bis 99 s.

Der Stromlaufplan des Belichtungszeitgebers ist aus Bild 1.23 zu ersehen. Dem Schaltungskonzept liegt der Wunsch nach möglichst sparsamem Einsatz von Bauelementen zugrunde. Deshalb fehlen bei diesem Belichtungszeitgeber einige Bedienungs- und Ausstattungsmerkmale, durch die sich der in Abschnitt 1.1. beschriebene Belichtungszeitgeber auszeichnet. Die Grundfunktionen, die für die Ausführung des Belichtungsvorgangs benötigt werden, sind die gleichen.
Gesteigerten Ansprüchen an diese Ausführung eines Belichtungszeitgebers kann dahingehend entsprochen werden, daß sich dessen Schaltung mit Schaltungsdetails aus dem Stromlaufplan Bild 1.2 ergänzen läßt. Das kann
- die Leistungsschaltstufe (Triac/Optokoppler),
- die Fernbedienung für Start/Stop/Dauerlicht und
- den Signaltongenerator für die Zeitende-Signalisierung betreffen.

Schaltungsbeschreibung
Als Zeitbasis dienen in dieser Schaltung positive 100-Hz-Sinushalbwellen, die am Pluspol des Brückengleichrichters D3 bis D6 zur Verfügung stehen. Die TTL-gerechte Formung der Sinushalbwellen, das Zusammenwirken der Start/Stop-Schaltstufe mit den Flip-Flop FF1 und FF2 mit der Torschaltung G3 und der Leistungsschaltstufe T1 und Re1 ist analog der Schaltung nach Bild 1.2 und in Abschnitt 1.1. beschrieben.
Nach erfolgtem Start-Vorgang (S1) stehen am Gatterausgang G3 der Torschaltung 100-Hz-Impulse zur Verfügung. Sie werden in

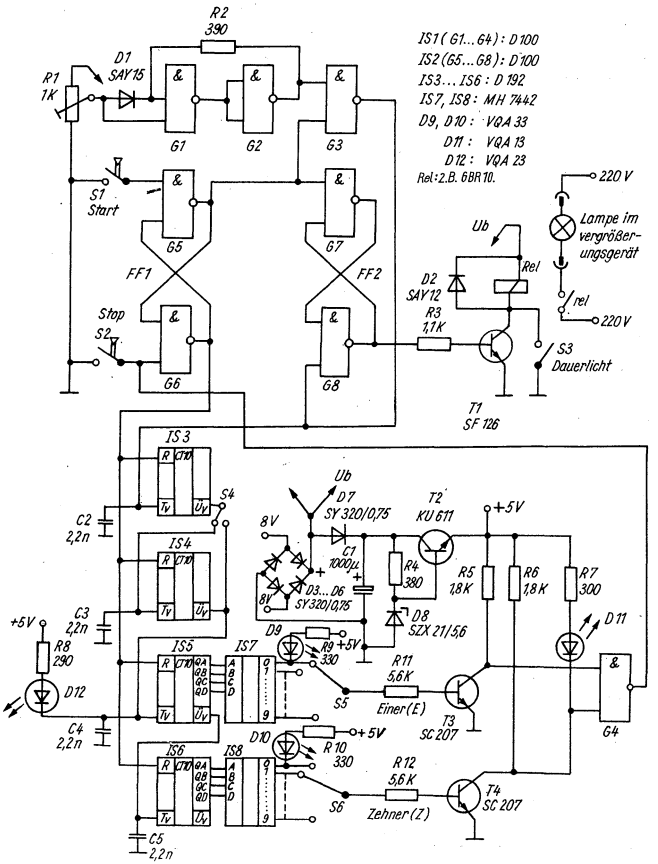


Bild 1.23 Stromlaufplan des vereinfachten Belichtungszeitgebers mit TTL-Schaltkreisen

dem aus dekadischen Zählern IS3 und IS4 bestehenden Frequenzteiler insgesamt im Verhältnis 100:1 herabgeteilt. Vom Ausgang $\ddot{U}_V$ von IS4 gelangen die 1-Hz- bzw. 1-s-Impulse in die nachgeschalteten dekadischen Zählerstufen IS5 und IS6. Mit der im Stromlaufplan eingezeichneten Schalterstellung kann ein Zeit-

bereich von 1 s bis 99 s eingestellt werden. Mit S5 läßt sich die Zeit in 1-s- und mit S6 in 10-s-Stufen wählen. Befindet sich der Schalter S4 für die Zeitbereichswahl in seiner anderen Schaltstellung, dann gelangen die in IS3 im Verhältnis 10:1 geteilten Impulse unter Umgehung von IS4 direkt an die erste Zähldekade IS5.

Die Zählerschaltkreise IS5 und IS6 sind in Vorwärtszählrichtung geschaltet. Das bedeutet, die Zeitzählung beginnt vom Zählerstand Null aufwärtszählend bis zu dem Zählerstand, der durch die Stellung der Vorwahlschalter S5 und S6 vorbestimmt ist. Die Vorwahlschalter sind mit den Ausgängen der 1:10-Dekoder IS7 und IS8 und deren BCD-Eingänge wiederum mit den Q_A- bis Q_D-Ausgängen der Zählerschaltkreise verbunden. Erreichen die Zähler IS5 und IS6 einen durch die Stellung von S5 und S6 vorgegebenen Zählerstand, dann nehmen die entsprechenden Dekoderausgänge L-Potential an. Alle übrigen Ausgänge haben dagegen H-Potential. Das L-Signal wird durch die Transistoren T4 und T3 invertiert. Am Kollektor der gesperrten Transistoren liegt jetzt, da kein Kollektorstrom fließt, die Betriebsspannung an. Sie entspricht in ihrer Wirkung an beiden Gattereingängen von G4 der von H-Potential. Nur unter dieser Bedingung entsteht am Ausgang von G4 L-Potential. FF1 schaltet über G6 in seine andere Lage, wodurch das Potential am Ausgang von G6 von L nach H wechselt. Das H-Potential dient an den R-Eingängen der Zähler IS3 bis IS6 zu deren Rückstellung auf die Ausgangspositionen, d. h. Zählerstände Null. Durch Betätigen der Stop-Taste (S2) wird das gleiche Schaltverhalten des FF1 erreicht. Der Zählvorgang läßt sich somit durch S2 vorzeitig abbrechen, wobei die Zähler sich wieder automatisch auf Null zurückstellen.

Aus bereits genannten Gründen wurde bewußt auf eine digitale Anzeige der Schalterstellung und des Zeitablaufs verzichtet. Die Schalterstellung muß durch entsprechende Ziffernaufdrucke auf der Frontplatte oder durch eine transparente und durchleuchtete Skalenscheibe kenntlich gemacht werden. Um trotz dieser Einschränkung eine vom Aufwand her vertretbare optische Kontrolle des Zeitablaufs zu haben, sind die Lichtemitterdioden (LED) D9 bis D12 vorgesehen.

Die LED D9 und D10 signalisieren den Zählerstand Null. Durch sie läßt sich die Ausgangsposition Zählerstände Null kontrollieren.

Die LED leuchten vorübergehend auf, wenn während des Zählerdurchlaufs einer der Zähler die Zählerstellung Null einnimmt.

Die LED D11 leuchtet sofort beim Einschalten des Geräts und während der Zeit des Zählablaufs. Sie verlischt, wenn der Zehnerzähler IS6 die vorgewählte Zehner-Zeitzahl erreicht hat. Das Ende der Belichtungszeit ist dann je nach Stellung des Schalters S5 in maximal 9 s bzw. 0,9 s (S4) erreicht. D11 leuchtet in diesem Moment wieder auf.

Eine zusätzliche visuelle Kontrolle des eingeleiteten Belichtungsvorgangs bietet die LED D12. Sie blinkt je nach Stellung von S4 im Rhythmus von 0,1 Hz bzw. 1 Hz. Ihr Blinken signalisiert die in IS5 einlaufenden Zeitimpulse.

Befindet sich der Belichtungszeitgeber in Ruhestellung, so leuchtet D12 nicht.

1.3. Schaltungsergänzung für die Belichtungszeitgeber in TTL-Technik

Sollen Belichtungszeitgeber nach Bild 1.2 und Bild 1.23 für sehr kurze Belichtungszeiten eingesetzt werden, so empfiehlt es sich, dem Gattereingang von G5 die in Bild 1.24 gezeigte Startschaltung vorzusetzen. Sie hat die Eigenschaft, nur einen sehr kurzen negativen Startimpuls an den Gattereingang von G5 abzugeben. Damit wird vermieden, daß bei sehr kurzen Belichtungszeiten (Zehntelsekunden) die Betätigungsdauer des Starttasters S1 einen störenden Einfluß auf die Funktion des Belichtungszeitgebers und damit auch auf den Belichtungsvorgang ausübt (der Belichtungsvorgang wird erneut gestartet).

Wird S1 geschlossen, so liegt für etwa 2 μs (Zeitkonstante R_2C) an der Basis von T die Ladespannung von C. T ist für diesen Zeitabschnitt leitend. Die Emitterspannung sinkt von ursprünglich 5 V auf nahezu Massepotential ab. Der am Emitter entstehende negative Spannungssprung wirkt auf die Gatteranordnung G5 und G6 sowie S1 in den erwähnten Schaltungen. Bei der Fernbedienung von S1 ist die Schaltungsergänzung ebenfalls wirksam. Bild 1.24b zeigt die Leiterplatte für die Schaltung. Die Bauelementeanordnung ist aus Bild 1.24c ersichtlich.

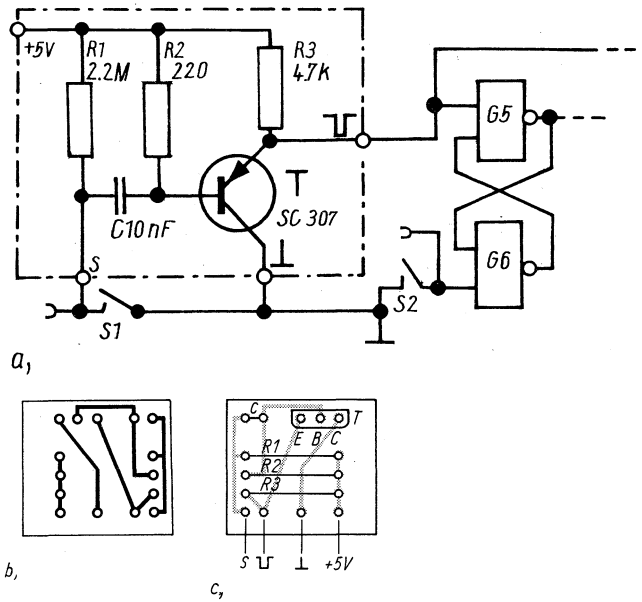


Bild 1.24 a – Stromlaufplan zum Erzeugen eines kurzen negativen Startimpulses, b – Leiterplatte zu a, c – Bestückungsplan zu b

1.4. Belichtungszeitgeber mit Transistoren

Die Schaltung des Belichtungszeitgebers (Bild 1.25) bietet unter Berücksichtigung des minimalen Aufwands an Bauelementen ein Optimum an Bedienungsbequemlichkeit und der Reproduzierbarkeit der gewählten Belichtungszeiten.

– Die Belichtungszeiten lassen sich mit einem einzigen Drehschalter in 10 Stufen wählen. Die Zeitkonstante wird durch einen Kondensator, dem unterschiedliche Festwiderstände zugeschaltet werden, gebildet. Diese Methode hat den Vorteil der guten Reproduzierbarkeit der Zeitgröße. Ein Potentiometer als zeitbestimmendes Glied würde erhebliche Zeitabweichungen bei dem Versuch ergeben, den gleichen Zeitwert einstellen zu

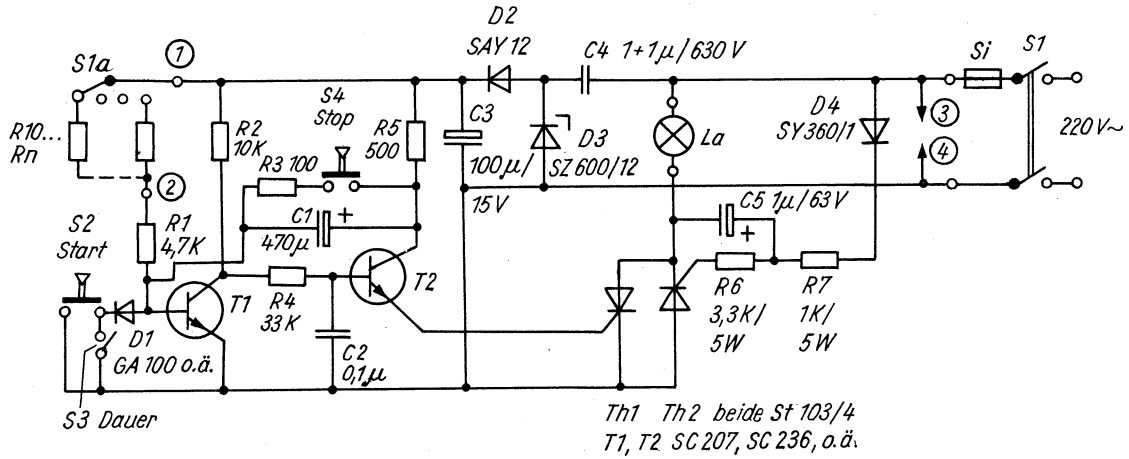


Bild 1.25 Stromlaufplan des Belichtungszeitgebers mit Transistoren

Tabelle 1.2.

Belichtungszeit in s	Widerstandswerte in kΩ (R10 ... R_n)
2	1,6
3	4,3
4	7,5
6	13
11	25
16	41
22	47
32	91
45	145
64	180

wollen. Aus dieser Überlegung heraus kommt es nicht so sehr darauf an, wie genau ein festzulegender Zeitwert durch die erforderlichen Widerstände getroffen wird. Vielmehr steht hier die bestmögliche Reproduzierbarkeit dieses Zeitwerts im Vordergrund. Die angegebenen Widerstandswerte in Tabelle 1.2. können nur als Richtwerte dienen, da sowohl die Toleranzen der Widerstände und die Toleranz des Kondensators die Zeitkonstante beeinflussen. Die Widerstände für die einzelnen Zeitstufen müssen durch Zeitvergleich mit einer Stoppuhr ausgewählt werden.

- Die Schaltung ist transformatorlos ausgelegt und bedarf deshalb der entsprechenden Sicherheitsvorkehrungen für den Berührungsschutz.

Der kapazitive Scheinwiderstand von C4 und die Z-Diode bilden für die anliegende Netzspannung von 220 V einen Spannungsteiler. An der Z-Diode steht eine stabilisierte 12-V-Gleichspannung zur Verfügung. Die Z-Diode hat in dieser Schaltung sowohl eine gleichrichtende als auch eine stabilisierende Funktion.

Die Diode D2 entkoppelt den Ladekondensator C3 vom Spannungsteiler C4 und D3. Ohne diese Diode käme es auf Grund des geringen Scheinwiderstands von C4 zu einer Spannungsaufteilung, bei der über C3 nur noch ein geringer Spannungsabfall zur Verfügung stände. Die Spannung an C3 dient zum Betrieb eines astabilen Multivibrators.

Befindet sich der Belichtungszeitgeber in Bereitschaft, so ist C1 über R5 und der Basis-Emitter-Strecke des leitenden Transistors

T1 aufgeladen worden. T2 befindet sich in gesperrtem Zustand. Über T2 kann kein Kollektor-Emitter-Strom in das Gate des Thyristors fließen, so daß dieser auch gesperrt ist. Kurzzeitiges Schließen der Taste S3 legt die Basis vorübergehend an Masse und sperrt für diesen Zeitabschnitt T1. Die Basis von T2 wird dadurch positiv. Der Multivibrator kippt aus dem Ruhezustand in den Arbeitszustand. Es fließt ein Strom über die Kollektor-Emitter-Strecke in die Gateelektrode von Th1. Die Einschaltdauer hängt von der Entladezeit des zeitbestimmenden Gliedes C1 und R_n ab. C1 beginnt sich über S1 und den eingeschalteten

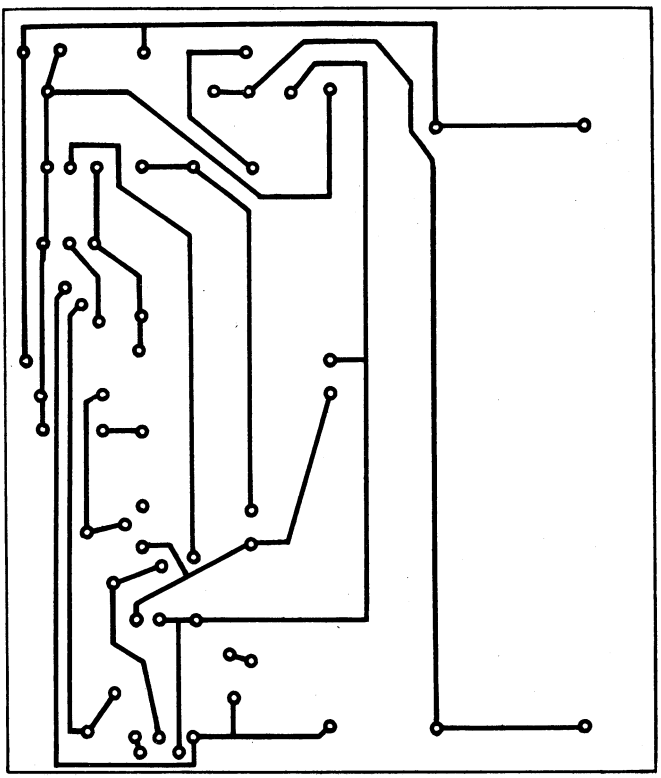


Bild 1.26 Leiterplatte für den Belichtungszeitgeber nach Bild 1.25

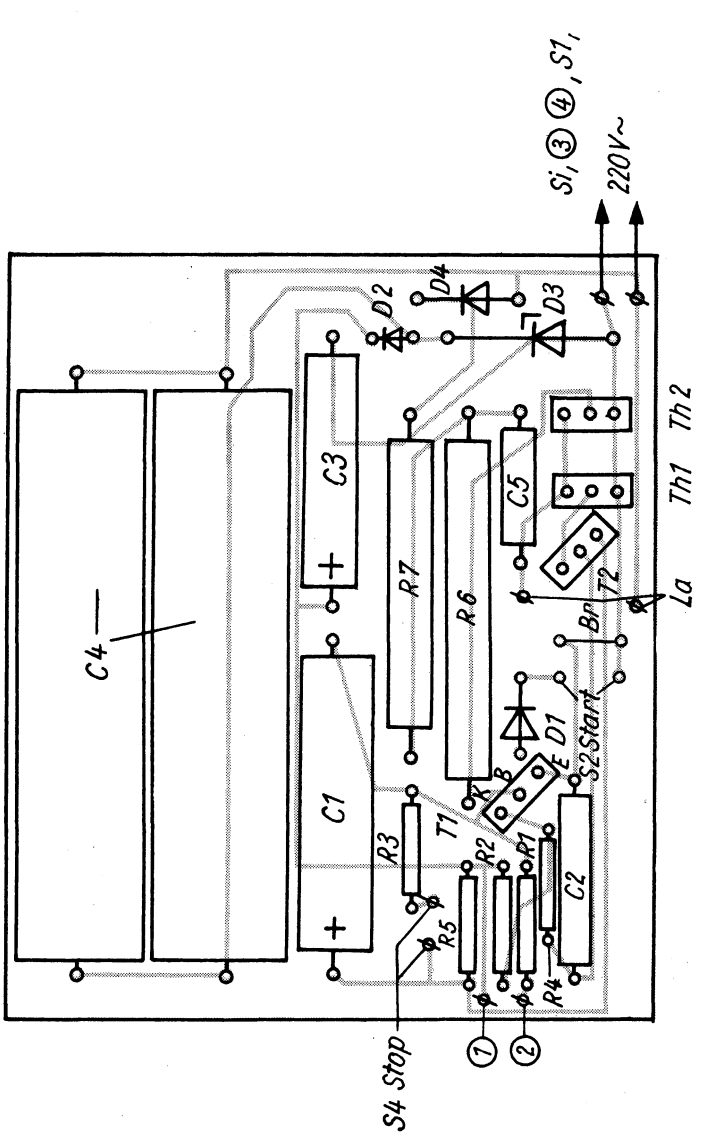


Bild 1.27 Bauelementeanordnung für die Leiterplatte nach Bild 1.26

Widerstand der Emitter-Kollektor-Strecke von T2 und der Gateelektrode von Th1 zu entladen.

Th1 leitet während der positiven Halbwelle der Netzspannung. Während dieser Halbwelle lädt sich über D4 und R7 der Kondensator C5 auf. Die Größe der Ladespannung wird vom RC-Glied R7 und C5 bestimmt. Die in C5 gespeicherte Energie dient während der nun an Th2 anliegenden positiven Halbwelle als dessen Gatestromquelle. Die Zündung von Th2 hängt vom vorhergehen-

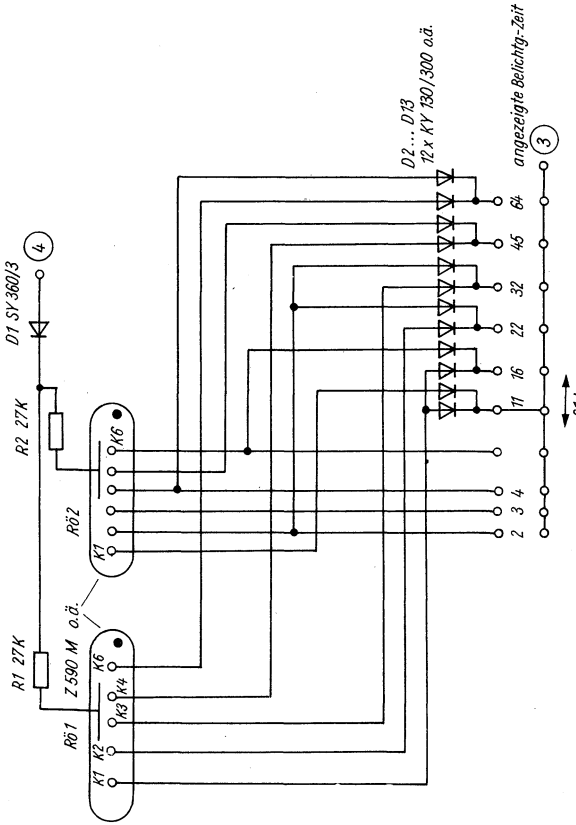


Bild 1.28 Stromlaufplan der Ziffernanzeigeeinheit

den Stromdurchgang durch Th1 und dem damit nur möglichen Aufladevorgang von C5 ab.
Der wechselseitige, beide Halbwellen ausnutzende Betrieb der antiparallelgeschalteten Thyristoren ist beendet, wenn Th1 keinen Gatestrom erhält. Der astabile Multivibrator ist in seine Ausgangslage zurückgekehrt.
Für fotografische Einstellarbeiten läßt sich durch Schließen des Schalters S3 Dauerlicht einstellen. Schalter S4 ist vorgesehen, wenn der Belichtungszeitgeber vorzeitig in seine Ausgangsposition zurückgestellt werden soll. Über diesen und den Widerstand R3 wird C1 vorzeitig entladen. Der astabile Multivibrator kehrt dadurch in seine Ruhelage zurück.
Die Leiterplatte ist in Bild 1.26 und deren Bauelementebestükkung in Bild 1.27 dargestellt.

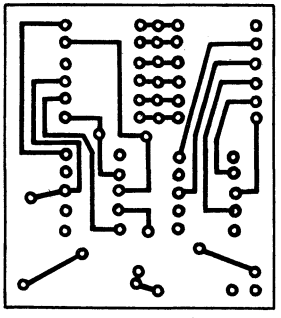


Bild 1.29
Leiterplatte für die Ziffernanzeigeeinheit nach Bild 1.28

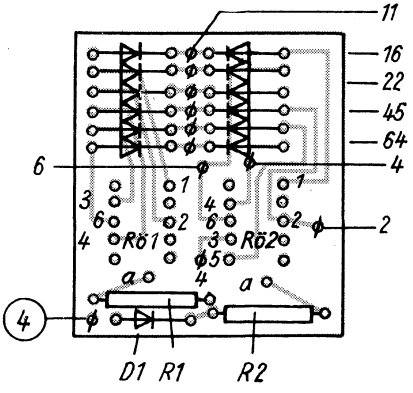


Bild 1.30
Bauelementeanordnung für die Leiterplatte nach Bild 1.29

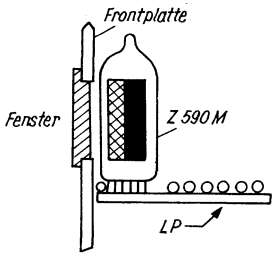


Bild 1.31
Montagevorschlag für Befestigung der Ziffernanzeigeeinheit hinter der Frontplatte

Der Belichtungszeitgeber kann mit einer festprogrammierten Ziffernanzeige (Bild 1.28) ausgestattet werden. Sie zeigt die eingestellte Belichtungszeit an. Dafür muß der Schalter S1 eine zweite Schaltebene für 10 Stufen haben. Für die Ziffernanzeigeeinheit werden gasgefüllte Anzeigeröhren eingesetzt. Sie können in dieser Schaltung problemlos aus der Netzspannung mitversorgt werden. Als Betriebsspannung erhalten sie über D1 positive Halbwellen. Für die zweistellige Anzeigeeinheit ist eine separate Leiterplatte (Bild 1.29) vorgesehen, auf der auch die Anzeigeröhren befestigt werden. Die Bauelementeanordnung ist aus Bild 1.30 zu ersehen. Die Ziffernanzeigeeinheit kann, wie im Bild 1.31 vorgeschlagen, an geeigneter Stelle hinter der mit einem Fenster versehenen Frontplatte befestigt werden.

2. Langzeitgeber für spezielle Entwicklungsprozesse

Viele Verarbeitungsprozesse für fotografische Materialien erfordern Entwicklungszeiten, die sich über einen Zeitraum von etwa 5 min erstrecken. Zu nennen sind Positiventwicklung nach Zeit (1,5 bis 2 min), Zwei-Schalen- und Zwei-Bad-Entwicklung [6] für Positive, Reprofilmentwicklung u. a. m.
Die Verarbeitung von Farbumkehrmaterialien läuft in 10 Prozeßschritten mit unterschiedlichen Verarbeitungszeiten ab, die zwischen 2 min und bis zu 20 min betragen können. Es hat sich gezeigt, daß die Realisierung eines diesbezüglichen Prozeßzeitgebers mit herkömmlichen Bauelementen nicht optimal ist. Günstig dagegen sind auf Magnetbandkassetten gesprochene Zeitansagen, verbunden mit den notwendigen Arbeitsanweisungen. Für die präzise zeitliche Durchführung der eingangs genannten Verarbeitungstechnologien sind mit wenig Aufwand herstellbare Langzeitgeber zur Überwachung des Prozeßablaufs vorteilhafte Hilfsmittel.
Es werden Schaltungen für 2 Langzeitgeber mit 2 frei wählbaren festeinzustellenden Zeiten vorgestellt. Das batteriebetriebene Modell signalisiert das Zeitende durch einen Dauerton, während das netzbetriebene Modell ein zeitlich begrenztes Tonsignal und ein ständiges Blinklicht aussendet. Beide Geräte können somit auch bei völliger Dunkelheit eingesetzt werden. Beide Langzeitgeber sind mit dem integrierten Schaltkreis *A 301 D* aufgebaut. Detaillierte Informationen zu diesem Schaltkreis und dessen Schaltungstechnik sind der Veröffentlichung [7] zu entnehmen.

2.1. Langzeitgeber für Batteriebetrieb

Der Zeitgeber nach Bild 2.1 ist für den Betrieb aus einer 9-V-Batterie, Typ *6 F 22*, vorgesehen. Durch diese Spannungsquelle kann der Langzeitgeber auch als Taschengerät mitgeführt werden. Im Hinblick auf den Batteriebetrieb ist die Schaltung auf sparsamen Stromverbrauch ausgelegt. Dieses Anliegen wird dadurch unterstützt, daß das Zeitende akustisch durch einen Dauerton

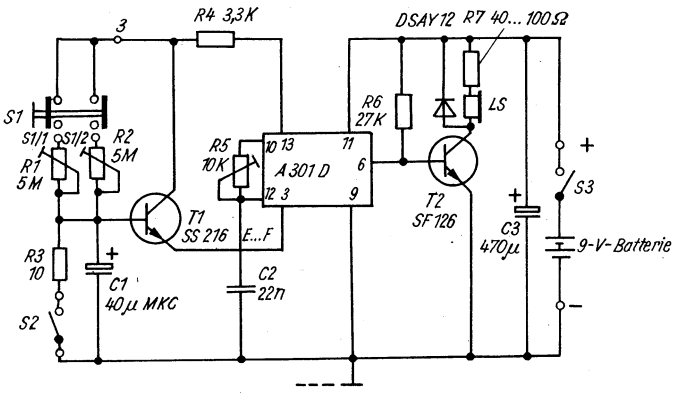


Bild 2.1 Stromlaufplan des Langzeitgebers für Batteriebetrieb

gemeldet wird. Er verstummt nur durch Abschalten der Betriebsspannungsquelle. Die Stromaufnahme beträgt etwa 15 bis 20 mA. Der IS *A 301 D* hat eine intern stabilisierte Spannungsquelle, mit der der Kondensator C1 aufgeladen wird. Auf diese Weise erreicht man eine gute Temperatur- und Spannungsstabilität des Schaltpunkts und Wiederholgenauigkeit der Zeitperiode.

Der Kondensator C1 und der jeweils mit S1 eingeschaltete Hochohmwiderstand R1 oder R2 bilden das zeitbestimmende Glied. Die zu erwartenden Zeiten lassen sich näherungsweise nach $t \approx 0{,}69 \cdot R \cdot C$ errechnen.

Der Kondensator C1 muß eine äußerst reststromarme Ausführung sein. In Frage kommen Tantal-, MKC- und MK-Kondensatoren. Die Ladespannung erhält C1 über R4, S1 und R1 oder R2. Der Zeitablauf beginnt, vorausgesetzt S3 ist geschlossen, wenn der Taster S2 kurzzeitig geschlossen und wieder geöffnet wird. Dadurch ist gewährleistet, daß der nachfolgende Aufladevorgang immer unter den gleichen Anfangsbedingungen beginnt und nicht durch Restladungen beeinflußt wird.

Den *A 301 D* kann man, bedingt durch das innere Schaltungskonzept, auch als NF-Generator betreiben. Frequenzbestimmend sind die zusätzlichen Bauelemente C2 und R5. Der Generator beginnt zu schwingen, wenn bei einer bestimmten Ladespannung von C2 T1 leitend wird. Am Ausgang (Pin 6) steht eine Nieder-

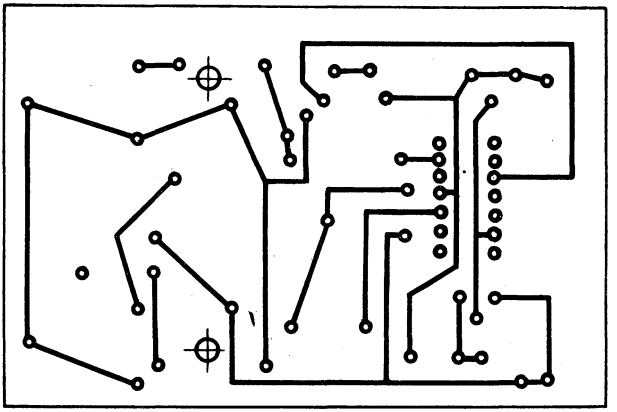


Bild 2.2 Leiterplatte für den Langzeitgeber nach Bild 2.1

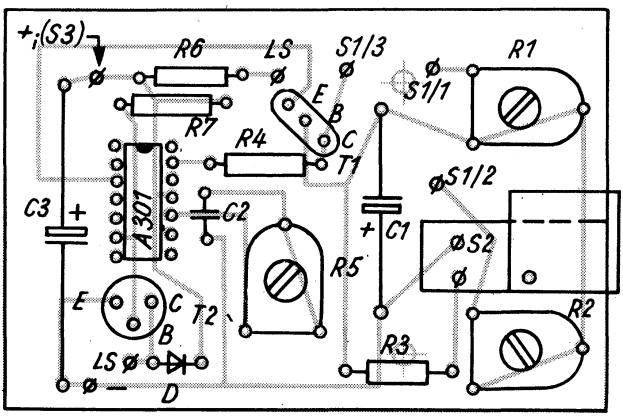


Bild 2.3 Bauelementeanordnung für die Leiterplatte nach Bild 2.2

frequenz zur Verfügung, die über T2 verstärkt und durch den Lautsprecher abgestrahlt wird. Als Lautsprecher eignen sich Ohrhörer oder Telefonhörkapseln. Die Funktion der Schwingschaltung ist ebenfalls in [7] erläutert.

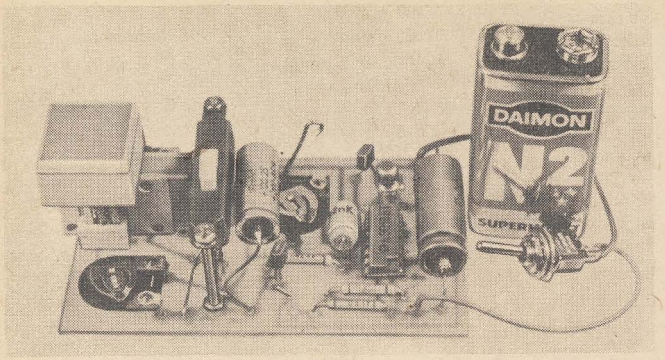


Bild 2.4 Langzeitgeber für Batteriebetrieb mit 9-V-Batterie

Die Anordnung der Leiterzüge auf der Leiterplatte ist aus Bild 2.2 und die der Bauelemente aus Bild 2.3 zu ersehen. Die Gesamtansicht des Langzeitgebers zeigt Bild 2.4.

2.2. Langzeitgeber für Netzbetrieb

Dieser Langzeitgeber ist mit einer akustischen Signalquelle und mit optischen Signalquellen ausgestattet. Der dafür benötigte Schaltungsaufwand geht aus dem Stromlaufplan Bild 2.5 hervor. Er bedingt auch einen Leistungsverbrauch, der sinnvoll nur durch eine aus dem Netz betriebene Stromversorgung gedeckt werden kann. Die benötigte 5-V-Versorgungsspannung ist stabilisiert. Der IS *A 301 D* hat durch die gewählte äußere Beschaltung keine Generator-/Schwingfunktion.
Der Zeitablauf wird durch kurzzeitiges Betätigen der Taste S3 gestartet. Ist S3 wieder geöffnet, dann beginnt sich C2 aufzuladen. Die Ladezeit hängt wieder vom Wert des eingeschalteten Widerstands R2a oder R2b und von der Kapazität ab. Während der Ladezeit leuchtet die LED D6. Durch ihr grünes Licht signalisiert sie, daß der Zeitgeber gestartet ist.
Über den internen Ausgangstransistor, dessen Kollektor am Anschluß (Pin 6) liegt, kann der durch R6 festgelegte Strom der Lichtemitterdiode D6 fließen. Am selben Anschluß befindet sich

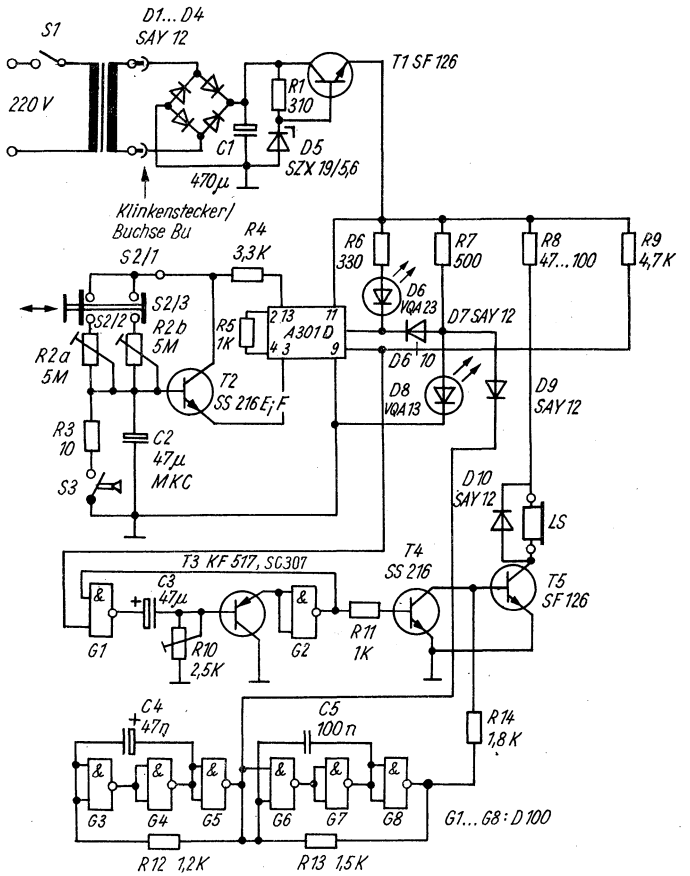


Bild 2.5 Stromlaufplan des Langzeitgebers für Netzbetrieb

D7. Auch über diese LED fließt in den Ausgangstransistor ein von R7 begrenzter Strom. An der Anodenseite von D7 steht eine Spannung, die sich aus der Flußspannung von D7 und der Kollektor-Emitter-Spannung des Ausgangstransistors zusammensetzt. Die Summe dieser Spannungen ist kleiner als die Durchlaßspannung $U_F = 1{,}6$ V der LED D8. Unter dieser Bedingung

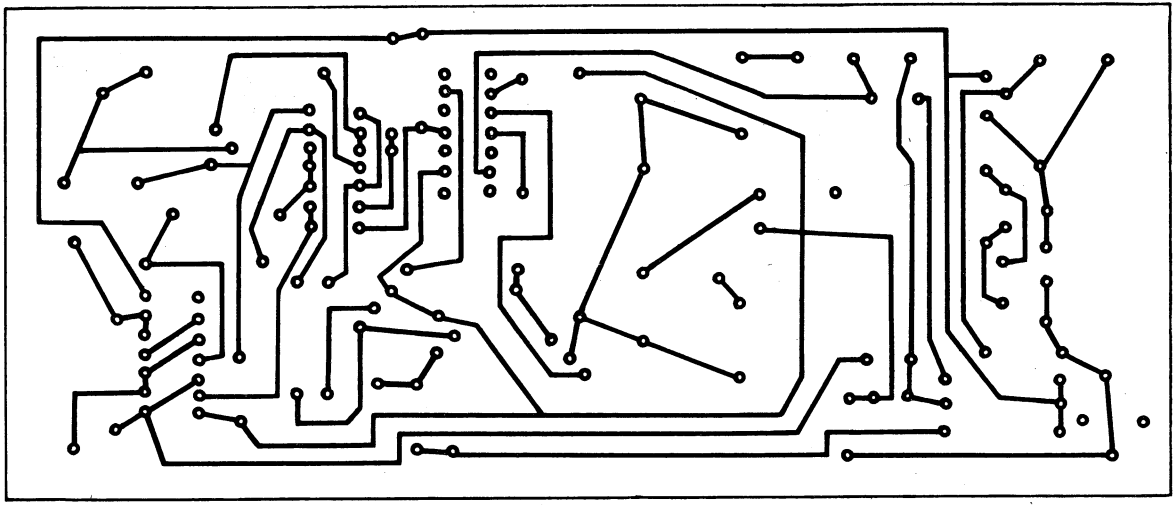


Bild 2.6 Leiterplatte für den Kurzzeitgeber nach Bild 2.5

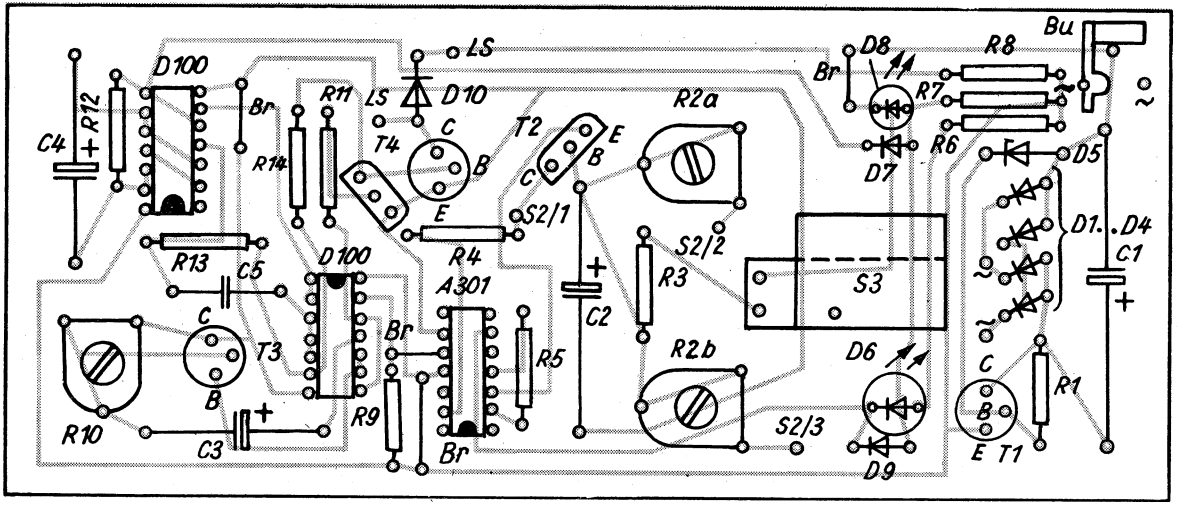


Bild 2.7 Bauelementeanordnung für die Leiterplatte nach Bild 2.6

fließt durch sie kein nennenswerter Durchlaßstrom I_F, so daß sie kein Licht emittiert.
Bei einer bestimmten Ladespannung beginnt T2 leitend zu werden. Schlagartig wechselt am Ausgang (Pin 6) das Potential von L nach H. Auf den entgegengesetzten Potentialwechsel am Ausgang Pin 10 reagiert der monostabile Multivibrator G1, T3 und G2. Für eine mit R9 einstellbare Zeitspanne von etwa 2 s nimmt der Ausgang des Gatters G2 L-Potential an und sperrt T4. Damit ist die Basis der Tonendstufe nicht mehr über die Kollektor-Emitter-Strecke an Masse gelegt. Ein Tonsignal ist über den Lautsprecher zu hören. Die Frequenz des ständig schwingenden Tongenerators wird von einem astabilen Multivibrator (G6, G7 und G8) erzeugt. Ein gleichartig geschalteter Multivibrator schaltet im 0,5-s-Rhythmus den Tongenerator ein und aus. Dadurch entsteht eine kaum überhörbare Signaltonfolge. Sie schaltet sich nach Ablauf der genannten Zeit selbständig ab.
Zum gleichen Zeitpunkt, da der Signalton ausgelöst wird, beginnt im Rhythmus des Tonsignals eine rotleuchtende LED zu blinken.

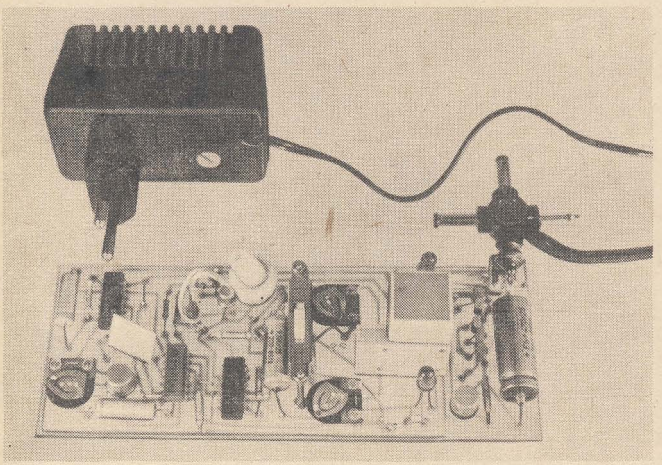


Bild 2.8 **Langzeitgeber für Netzbetrieb aus einem Steckertransformator. Bei dieser Betriebsart entfallen die im Bild sichtbaren Dioden D1 bis D4. Die Buchse für den Klinkenstecker wird an *C*1 angeschlossen**

Der 0,5-s-Generator legt über den Gatterausgang G5 D9 auf L-Potential. Für diesen Zeitabschnitt fließt über D8 und R7 ein Strom. Die Durchlaßspannung an D9 liegt in diesem Fall wieder unter dem Niveau der Durchlaßspannung von LED D8; sie verlischt.

Die Leiterzuganordnung für die Leiterplatte des Langzeitgebers für Netzbetrieb zeigt Bild 2.6, die Anordnung der Bauelemente auf der Leiterplatte ist aus Bild 2.7 zu ersehen. Konstruktive Details der aufgebauten Schaltung gehen aus Bild 2.8 hervor.

3. Lichtmeßgeräte für das Farblabor

Zum Verständnis der Meßtechnik und der Methodik zur Bestimmung der Korrekturfilter für den Farbvergrößerungsprozeß [8], [9], [10] und zur Bewertung der Beleuchtungsstärke des projizierten Negativbildes müssen einige, die diesbezüglichen Zusammenhänge erläuternde Bemerkungen vorausgeschickt werden.
Ein farbiges Positivbild, hergestellt durch Vergrößern eines Farbnegativs, weist in fast allen Fällen einen Farbstich auf. Der Farbstich entsteht, wenn einige zum Bildaufbau beitragende Farben in ihrer Intensität überwiegen. Die Ursache für diesen Effekt liegt in einer Reihe von Einflußfaktoren. Zu den wichtigsten zählen Produktionstoleranz und Alter sowie die Verarbeitungstechnologie des Negativ- und Positivmaterials. Mittels Kopierlichtfilter werden die in ihrer Intensität überwiegenden Farben zurückgenommen oder ausgefiltert. Moderne Vergrößerungsgeräte sind mit kontinuierlich in den Strahlengang der Lichtquelle eindrehbaren Filtern in den Grundfarben Gelb, Purpur und Blaugrün ausgestattet (Bild 3.1). Mit Hilfe dieser Filter wird das erwünschte Farbgleichgewicht im Positiv wiederhergestellt. Die Filter schwächen durch Absorption den der Filterfarbe komple-

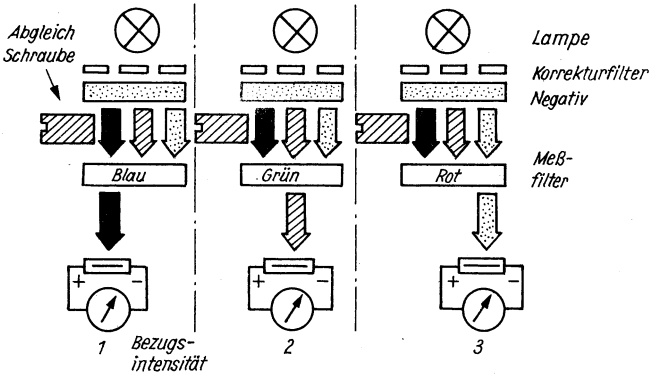


Bild 3.1 Meßprinzip eines Farbfilterbestimmungsgeräts

mentären Anteil des Lichtes. Das Farbgleichgewicht basiert auf einem bestimmten Mengenverhältnis der Farben, die, wenn sie miteinander vermischbar wären, einen grauen Ton ergeben würden *(Graubedingung)*.

Visuell die geeignete Filterfarbe und -dichte aus einem komplementärfarbigen Negativ zu bestimmen, erfordert sehr viel Erfahrung und bedarf außerdem mehrerer Probebelichtungen und -entwicklungen. Die Fertigstellung eines Bildes ist zeit- und auch kostenaufwendig. Mit Hilfe optoelektronischer Lichtmeßgeräte kann wesentlich rationeller gearbeitet werden. Die in Filterbestimmungsgeräten angewendete Meßtechnik basiert auf der bereits angedeuteten Feststellung, daß die Farben eines ausgewogenen Farbbildes in etwa gleichem Verhältnis zueinander stehen sollten (Ausnahme: Bilder mit Farbdominanten). Meßtechnisch wird das durch ein Negativ eingefärbte Kopierlicht schrittweise nach der Intensität der darin enthaltenen komplementären Farbanteile Blau, Grün und Rot bewertet. Mittels Meßfilter, jedes nur für eine dieser Farben durchlässig, die vor einem lichtempfindlichen Bauelement angeordnet werden, lassen sich die Intensitäten dieser Farbanteile messen. Das Meßprinzip ist aus Bild 3.1 zu ersehen. Die Intensitätsabweichungen werden miteinander verglichen und zur Intensität einer bestimmten Farbe (Gelb) in Bezug gesetzt. Praktisch bedeutet das, die Intensitätsabweichung der beiden anderen Farben wird der Intensität der Bezugsfarbe angeglichen. Die zu wählende Filterfarbe und Filterdichte sind am Farbfilterbestimmungsgerät entweder durch Zeigerausschlag, Drehknopfstellung oder Lichtwaage erkennbar. Bei richtig gewählten Korrektur-Farbfiltern ergibt eine Kontrollmessung für alle drei „Meßfilter" gleichlautende Meßergebnisse. Die in den Strahlengang einzuschwenkenden Korrekturfilter führen zwangsläufig zu Lichtverlusten. Von Negativ zu Negativ können durch die unterschiedlichen Korrekturfilterkombinationen, Vergrößerungsmaßstäbe und Negativdichten abweichende Belichtungswerte (Zeit/Blende) notwendig sein. Diese Abweichungen lassen sich ebenfalls messen. Aus ihnen sind Hinweise für die Wahl der Lichtmenge abzuleiten.

Industriell gefertigte Farbfilterbestimmungsgeräte sind meist auch mit dieser Meßmöglichkeit ausgestattet. Nachstehend wird eine zweiteilige Gerätegruppe beschrieben, von der der eine Teil für die Bestimmung der Kopierfilter und der andere Teil für die

Dichtebewertung (Lichtwertkorrektur) dient. Die Auftrennung der Meßfunktionen in zwei Geräte erlaubt deren weitgehende Miniaturisierung. Für die meisten Anwendungen (im Amateur- und professionellen Bereich) sind mit der gewählten Gerätekonzeption ausreichend gute Ergebnisse zu erzielen.

3.1. Farbfilterbestimmungsgerät

Den Stromlaufplan des Farbfilterbestimmungsgeräts (Coloranalyser) zeigt Bild 3.2. Als Lichtempfänger ist eine großflächige (2,75 mm × 2,75 mm) Si-Fotodiode in Planartechnik eingesetzt. Sie hat ein rechteckiges transparentes Kunststoffgehäuse. Vor der Fotodiode befindet sich ein Filter, das verhindert, daß der infrarote Strahlungsanteil der Lichtquelle des Vergrößerers zur Verfälschung des Meßergebnisses führt (gilt auch für Dichtemesser). Die Fotodiode zeichnet sich durch einen sehr kleinen Nullpunktwiderstand aus. Seine Größe beeinflußt die Stabilität der Offsetspannung des Operationsverstärkers (OV) bei Änderungen der Umgebungstemperatur. Im vorliegenden Anwendungsfall ist dieser Parameter nicht so kritisch, da davon ausgegangen

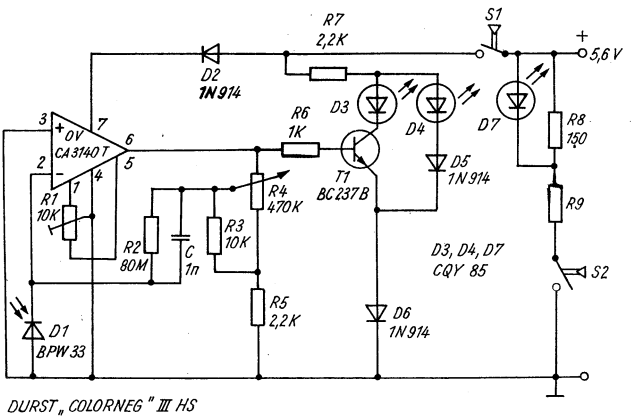


Bild 3.2 Stromlaufplan des Farbfilterbestimmungsgeräts „COLORNEG III" *(DURST)*

werden kann, daß das Meßgerät unter klimatisierten Bedingungen eingesetzt wird.

In der Schaltung wird die Fotodiode als Fotoelement betrieben. Der Elementbetrieb ergibt für einen großen Lichtstärkebereich einen nahezu linearen Verlauf des Fotostroms. Der Operationsverstärker *CA 3140 T* hat MOSFET-Eingänge. Der Offsetspannung-Nullabgleich wird mit R1 vorgenommen. Die Verstärkung (Empfindlichkeit) läßt sich von außen, seitlich am Gerät, regeln. Dafür dient der Regelwiderstand R4.

Der Ausgang des OV steuert über einen Schalttransistor eine aus zwei LED bestehende Lichtwaage. Ist T1 durchgeschaltet, so leuchtet D3, und bei gesperrtem T1 leuchtet D4. Neben diesen extremen Anzeigesituationen, die abhängig vom Lichteinfall auf D1 und von der Stellung von R4 sind, gibt es einen Punkt, in dem beide LED gemeinsam schwach leuchten. Das gilt als Kriterium für den optischen Einmeßvorgang. LED D7 dient zur Batteriekontrolle. Leuchtet diese nicht auf oder nimmt deren Lichtstärke nach 2 bis 3 s zusehends ab, so ist die Batterie verbraucht.

Die beschriebene Schaltung ist Bestandteil des in Bild 3.3 gezeigten Farbfilterbestimmungsgeräts „COLORNEG III HS" *(Durst*, Italien*)*. Das Gerät ist an der Objektivbühne des Vergrößerers befestigt und wird für die Messung (Bild 3.4) lichtdicht

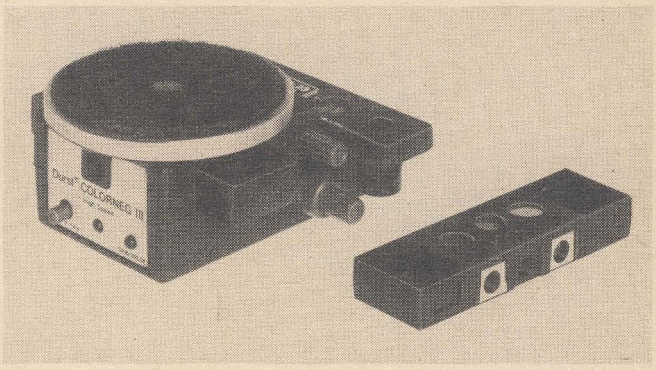


Bild 3.3 Farbfilterbestimmungsgerät „COLORNEG III HS" *(DURST)*

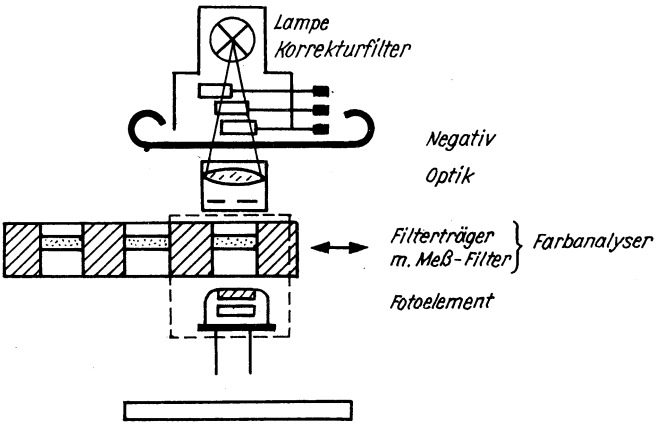


Bild 3.4 Meßposition des „COLORNEG"

gegen die Objektivöffnung des Vergrößerungsgerätes geschwenkt. Der in Bild 3.3 neben dem Meßgerät sichtbare Filterträger enthält nebeneinander angeordnet drei dichroitische Filter in den Farben Blau, Grün und Rot. Die Lichteintrittsöffnungen der drei Filterkanäle sind in ihrer Lichtdurchlässigkeit durch eindrehbare Schrauben (Blendenschrauben) veränderbar. Die Stellungen der Schrauben lassen sich mit einem Speicher vergleichen und gelten nur für eine bestimmte Papieremulsion und Verarbeitungstechnologie. Der Filterträger ist im Meßgerät verschiebbar ausgeführt. Mit ihm läßt sich eine der Filteröffnungen in der Meßebene durch Rastung positionieren.

Vor dem praktischen Einsatz des Farbfilterbestimmungsgeräts muß dieses zunächst auf die Filterwerte einer einwandfreien (durch Filterproben gewonnenen) Farbvergrößerung eingemessen werden. Das geschieht in folgenden Schritten und unter der Voraussetzung:

- Das Eichnegativ (Negativ von Probevergrößerung) verbleibt in der Filmbühne.
- Eingestellte Filterwerte und Vergrößerungsmaßstab bleiben unverändert.
- Die Objektivblende ist voll geöffnet.

- Der Filterträger mit dem gelben Filter wird eingerastet, die Schraube herausgedreht.
- Das Meßgerät wird eingeschaltet (S1) und die Empfindlichkeit mit Regler R4 verändert, bis beide LED D3 und D4 gemeinsam leuchten.
- Die mittlere Filteröffnung (Magentaabgleich) des Filterträgers wird über D1 geschoben.
- S1 einschalten, die Blendenschraube verdrehen, bis beide LED aufleuchten.
- Den Filterschlitten in die letzte Position einrasten (Cyanabgleich); den Abgleich wie bei der Magentaposition) wiederholen.

3.2. Dichtemeßgerät

Mit dem Dichtemeßgerät (Ergänzungsgerät für Farbfilterbestimmungsgerät) wird ein relativer Dichtewert, genauer, die Beleuchtungsstärke gemessen. Beeinflußbar ist die Beleuchtungsstärke durch die Objektivblende, den Vergrößerungsmaßstab, die Negativdichte und die Filterdichten.
Der Stromlaufplan (Bild 3.5) entspricht dem des Dichtemeßgeräts *LUXONEG (Durst)* und ähnelt weitgehend dem des Farbfilterbestimmungsgeräts, so daß er keiner weiteren Erläuterung bedarf.
Das Bedienungselement für R4 hat Raststellungen, deren Abstände einem halben Lichtwert (LW) entsprechen. (Verdopplung oder Halbierung der Blendenöffnung bzw. der Belichtungszeit = zwei Raststellungen.)
Das Dichtemeßgerät läßt sich sowohl in der Farb- als auch in der Schwarz-Weiß-Vergrößerungstechnik einsetzen. Es ist gleichfalls auf die zu verarbeitende Papieremulsion und Verarbeitungstechnologie zu programmieren. Zum Meßvorgang muß vor das Objektiv eine Streuscheibe geschwenkt werden. Das Meßgerät selbst befindet sich, wie in Bild 3.6 skizziert, axial unter der Objektivöffnung auf dem Grundbrett. Filterstellung, Blendenöffnung und Negativ bleiben unverändert.
Durch Verstellen des Empfindlichkeitsreglers wird eine Reglerstellung gefunden, bei der die LED D3 und D4 zusammen leuchten. Ergibt sich eine Reglerstellung zwischen zwei Rastpunkten, so ist der Regler in die ihm näher gelegene Rastung einzurasten.

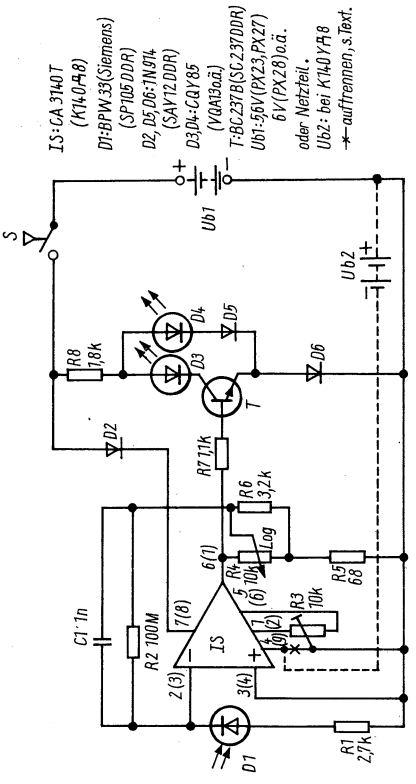


Bild 3.5 Stromlaufplan des Dichtemeßgeräts (die Anschlußbezifferung in Klammern gilt für den Operationsverstärker *K 140 UD8*; s. a. Bild 3.10b)

Das dadurch gestörte Gleichgewicht der Lichtwaage wird durch ein weiteres Öffnen oder Schließen der Blende wiederhergestellt. Durch diese Maßnahme ergibt sich eine geringfügige Abweichung vom ursprünglichen Belichtungswert. Dieser ist durch Probebelichtungen zu kontrollieren. Eine notwendige Korrektur der Belichtung wird jetzt durch eine entsprechende Belichtungszeit erreicht.

Die durch andere Negativ- und Filterdichten resultierenden Beleuchtungsstärken werden nach dem Einmeßvorgang nur noch durch Verstellen der Blende an die konstante Belichtungszeit angepaßt. Die geeignete Blendenöffnung ist gefunden, wenn sich

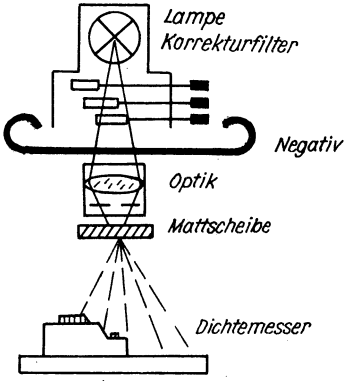


Bild 3.6
Dichtemeßgerät in Meßposition

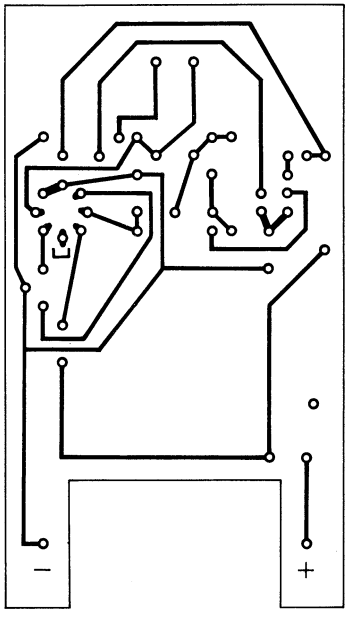


Bild 3.7
Leiterplatte für die Schaltung nach Bild 3.5

die Lichtwaage des Dichtemessers im „Gleichgewicht" befindet. Bei der Wahl eines anderen Vergrößerungsmaßstabs ändert sich der Belichtungswert. Die richtige Blendenöffnung wird in gleicher Weise ermittelt.

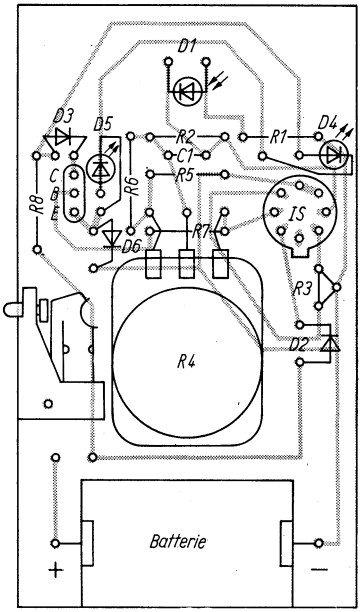


Bild 3.8
Bauelementeanordnung für die Leiterplatte nach Bild 3.7

Tritt der Fall ein, daß sich durch die Blende ein Abgleich der Lichtwaage nicht erreichen läßt, so ist der Empfindlichkeitsregler um eine Lichtwertstufe LW (2 Raststufen) zu verstellen. Die Belichtungszeit muß je nach den Gegebenheiten entweder halbiert oder verdoppelt werden. Danach verfährt man in der beschriebenen Weise.

Mit dem Dichtemesser sind auch Messungen an Bilddetails (partielle Messung) des auf die Grundplatte projizierten Negativs möglich. Vorzugsweise wird die Detailmessung für eine noch mit Zeichnung versehene Schattenpartie (helles Bilddetail im Negativ) herangezogen.

Die Leiterplatte (Entwurf: *K. Lux*) nach Bild 3.7 basiert auf der Schaltung gemäß Bild 3.5. Bild 3.8 zeigt deren Bauelementeanordnung. Wichtig ist, daß sich die örtliche Lage der Fotodiode möglichst in der Nähe des Gerätebodens befindet. Durch diese konstruktive Maßnahme entspricht der Abstand der Fotodiode zur Negativbühne nahezu dem des auf die Grundplatte projizierten Negativs. Meßverfälschungen, die auf unterschiedliche

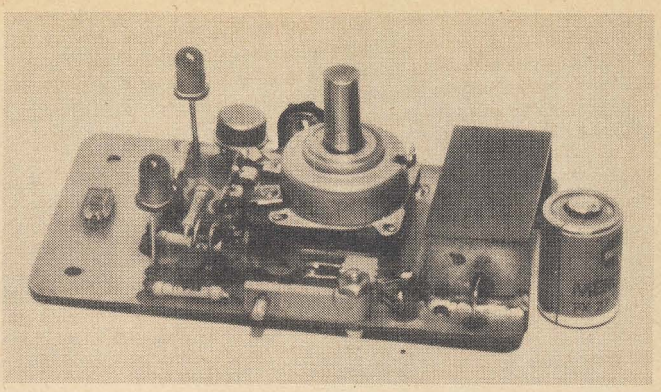


Bild 3.9 Dichtemesser nach Bild 3.8

Projektionsentfernungen zurückzuführen sind, bleiben hierdurch ausgeschlossen. Das Lichteintrittsfenster der Fotodiode ist mit einer infrarote Strahlung absorbierenden Filterscheibe (entfällt für *SP 105*) und einer darübergesetzten geräteeigenen Mattscheibe abgedeckt. Es empfiehlt sich, das Gehäuse aus kupferkaschiertem Leiterplattenmaterial anzufertigen, da mit derartigem Material der Gehäusebau durch Verlöten der einzelnen Gehäuseflächen in einfacher Weise zu bewerkstelligen ist und zum anderen, was unerläßlich ist, die Gesamtschaltung sowohl elektrisch als auch statisch abgeschirmt wird (Bild 3.9).

3.3. Hinweise zu den Bauelementen

Bild 3.10a zeigt die Anschlußbelegung des Operationsverstärkers *CA 3140 T*. Seine wichtigsten elektrischen Daten sind in Tabelle 3.1. zusammengestellt. Dieser Operationsverstärker ist unter Einbeziehung der Schaltungsmodifikation in Bild 3.5 durch den sowjetischen Typ *K 140* УД *8* [11], [12] oder den *B 080* (DDR) ersetzbar.
Dessen Anschlußbelegung ist aus Bild 3.10b zu ersehen. Aus dem Vergleich beider Bilder geht hervor, daß die Pin-Numerierung um 1 verschoben ist.
Für die Fotodiode *BPW 33 (Siemens)* kann auch eingesetzt

Tabelle 3.1.

Typische Kennwerte des Operationsverstärkers *CA 3140 T*

bei $U_{S+} = 5$ V, $U_{S-} = 0$ V, $\vartheta_a = 25$ °C	
Eingang Offsetspannung	$U_{IO} = 5$ mV
Eingang Offsetstrom	$I_{IO} = 0{,}1$ pA
Eingangsruhestrom	$I_I = 2$ pA
Eingangswiderstand	$R_I = 1$ TΩ
Ausgangsspitzenspannung	$U_{OM+}/U_{OM-} = 3/0{,}13$ V
Ausgangsstrom	$I_{OM+}/I_{OM-} = 10/1$ mA
Ausgangswiderstand	$r_o = 60\,\Omega$
Betriebsstrom	$I_{S+} = 1{,}6$ mA
Großsignalspannungsverstärkung	$V_u = 100.000$

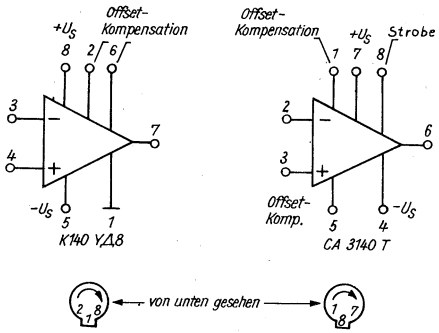


Bild 3.10
a – Anschlußbelegung des *CA 3140 T*, b – Anschlußbelegung des Operationsverstärkers *K 140 УД8*

werden: *BPW 34 (Siemens)*, *SP 103 (DDR)* und *SP 105 (DDR)*. Der Typ *SP 105* entspricht weitgehend dem Typ *BPW 33*. Die LED *CQY 85* läßt sich durch *VQA 13*, *VQA 15* o. ä. ersetzen. Infrarotsperrfilter (für Fotodiode) Nr. 662 nach TGL 24789.

4. Temperaturregelung von fotografischen Bädern

Die Verarbeitungsvorschriften für fotografische Materialien beziehen sich immer auf eine bestimmte Badtemperatur. Für die meisten Vorschriften ist das die Raumtemperatur von $\vartheta_a = 20$ °C. Bei der Verarbeitung von Schwarz-Weiß-Materialien sind Abweichungen von dieser Nenntemperatur in einem gewissen Toleranzbereich zulässig, weil sich durch Änderung der vorgegebenen Entwicklungszeiten die Wirkungen von Temperaturabweichungen ausgleichen lassen. Diese Verfahrensweise ist nach den Angaben der Verarbeitungsvorschriften für Farbmaterialien nicht zugelassen. Der Toleranzbereich ist beispielsweise für ORWOCHROM-Material bei $\vartheta_a = 25$ °C auf $\pm 0{,}5$ K eingeengt. Sofern der Laborraum und mit ihm die darin befindlichen fotografischen Materialien, Chemikalien und Geräte auf eine bestimmte Verarbeitungstemperatur aufgeheizt werden kann, erübrigt sich in der Regel eine gesonderte Temperierung.

Die Praxis sieht in dieser Hinsicht aber anders aus. Das gelegentlich benutzte Kleinlabor muß für die Laborarbeit erst vorbereitet werden. Dazu zählt auch die kurzfristige Temperierung von Gerätschaften und Chemikalien. Einige Verarbeitungsprozesse erfordern Prozeßtemperaturen, die oberhalb der üblichen Raumtemperatur liegen. Um diesen Erfordernissen gerecht zu werden, sind für die verschiedenen Zwecke geeignete Temperiereinrichtungen eine komfortable Arbeitserleichterung.

Es werden verschiedene Schaltungen für Temperaturregler beschrieben, die nach ihren Eigenschaften für die unterschiedlichen Einsatzgebiete im Labor ausgewählt sind. Es handelt sich bei allen Beispielen um Zweipunktregler. Ist eine gewünschte Aufheiztemperatur erreicht, so schalten sie das Heizelement ab, und hat sich das zu beheizende Medium unter den Temperatursollwert abgekühlt, so setzt ein erneutes Nachheizen (Hysterese) ein. Als Heizelement eignen sich je nach zu beheizenden Flüssigkeitsmengen Aquarienheizer, Reisetauchsieder oder ummantelte Heizstäbe. Als Richtwert diene der Hinweis, daß mit einem 500-W-Heizer ein 8-l-Wasserbad leicht auf 45 °C temperiert werden kann. Die Temperaturdifferenz zwischen dem Ein- und Ausschaltvor-

gang wird als Schalthysterese bezeichnet. Die Regelung ist um so genauer, je kleiner die Schalthysterese ist. Sie wird in gewisser Weise auch von der Plazierung des Temperatursensors beeinflußt. Der Sensor sollte sich immer im zu temperierenden Medium befinden, wobei dieses in geeigneter Weise durchmischt werden muß. Das kann durch eine kleine Umwälzpumpe, durch ein Rührwerk oder durch manuelles Bewegen von den zu temperierenden Gefäßen im Medium geschehen.

Als Sensor bzw. Temperaturfühler werden in den Schaltungsbeispielen Heißleiterwiderstände benutzt. Sie sind durch einen Widerstandswert R20 gekennzeichnet, der sich auf eine Umgebungstemperatur von $\vartheta_a = 20\ °C$ bezieht. Mit größer werdender Temperatur des Halbleiterwiderstandes verringert sich dessen Widerstandswert. Heißleiterwiderstände gibt es in verschiedenen Widerstandswerten und Bauformen (Bild 4.1). Die robuste Bauform in Bild 4.2 ist für Waschmaschinen und Kraftfahrzeuge gebräuchlich. Diese Ausführungsform taucht direkt in die zu

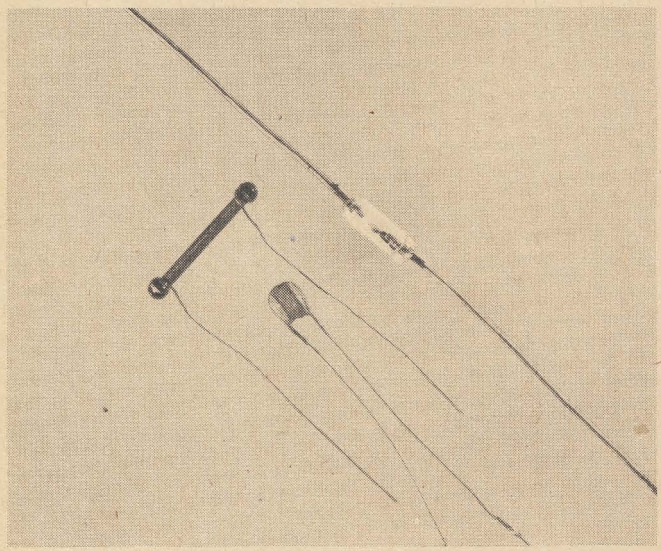


Bild 4.1 Heißleiter (Thermistoren) v. l. n. r. TNM, TNK-A, TNS-A

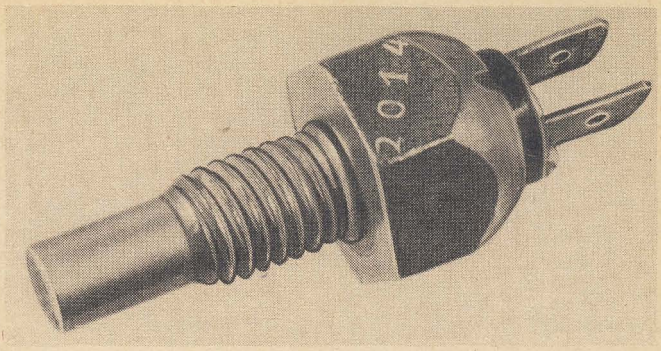


Bild 4.2 Temperaturfühler (Ausführung für Waschmaschinen)

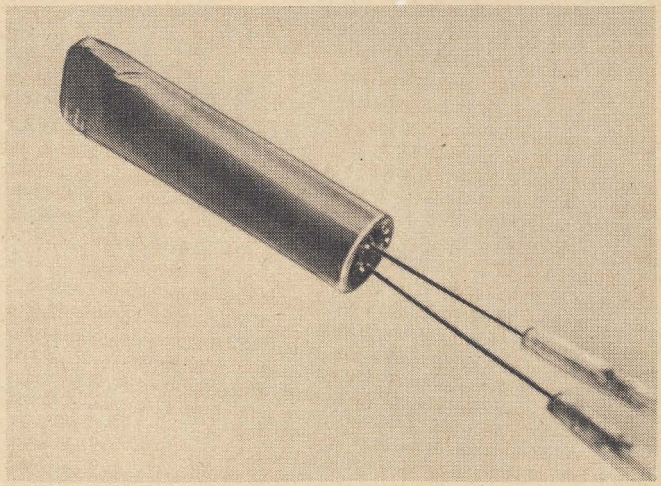


Bild 4.3 Heißleiter TNK-A im Metallrohr eingeklebt

kontrollierende Flüssigkeit ein. Ein herkömmlicher ungeschützter Heißleiterwiderstand, wie in Bild 4.3 gezeigt, läßt sich in einfacher Weise in ein kleines, aber robustes Sensorbauelement verwandeln, indem der Heißleiterwiderstand in ein Messingröhrchen, z. B. mit

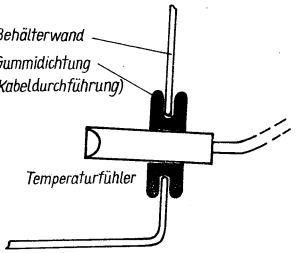


Bild 4.4
Montage des Temperaturfühlers in der Behälterwand

Epasol EP 6, eingegossen wird. Die eine Öffnung des Röhrchens wird zuvor zugequetscht und dicht verlötet. Das Sensorbauelement läßt sich in der in Bild 4.4 vorgeschlagenen Weise in der Wandung des Flüssigkeitsbehälters einsetzen.

4.1. Temperaturregler für Warmhalteplatten

Der Temperaturregler wird direkt aus dem Netz betrieben. Die transformatorlose Ausführung der Schaltung nach Bild 4.5 ist besonders für den Einbau in Wärmeplatten geeignet. Die Leiterplatte läßt sich leicht unterhalb des plattenförmigen Heizelements befestigen. Heizplatten dieser Art werden in verschiedenen Größen und Heizleistungen vom *VEB Stuwa Elektrogeräte Strausberg*

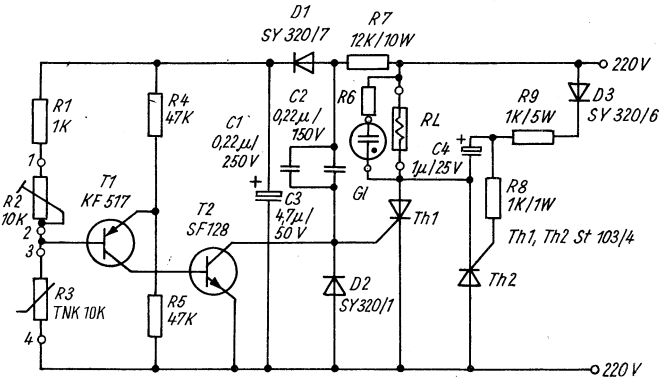


Bild 4.5 Temperaturregler ohne Trenntransformator

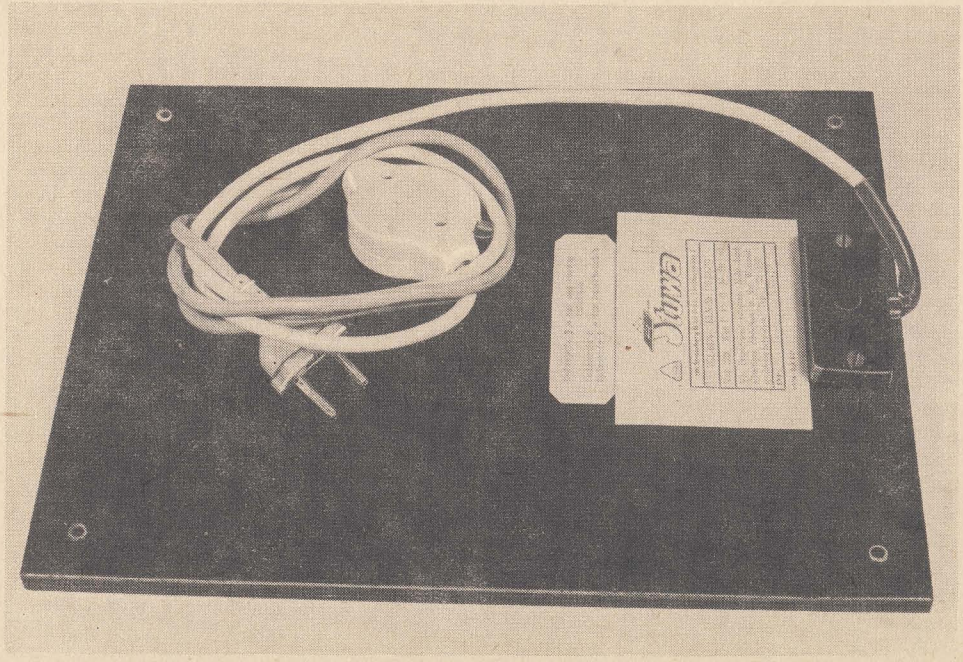


Bild 4.6
Heizplatte 220 V / 15 W / 30 W / 60 W mit Temperaturreglerplatine des *VEB Stuwa Elektrowärme Strausberg*

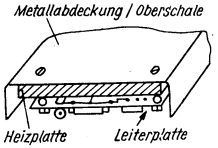


Bild 4.7
Montage der Heizplatte mit Reglerbaustein in Gehäuseschale

hergestellt. Das verwendete Modell *EB 320* (Bild 4.6) hat Heizstufen für 15, 30 und 60 W, die mit einem dreistufigen Schnurschalter mit Aus-Stellung eingeschaltet werden können. Die Regelschaltung wird nur in Verbindung mit der größten Heizstufe betrieben. Der Stufenschalter entfällt. Die Heizplatte besteht äußerlich aus einem Isoliermaterial und ist feuchteversiegelt. Für den vorgesehenen Zweck wird die Heizplatte unterhalb einer U-förmig abgewinkelten Abdeckung (Bild 4.7) befestigt. Dazu werden die Gummifüße entfernt und die Gewindelöcher durchbohrt. An entsprechenden Stellen hat die Abdeckung die gleichen Bohrungen. Sie dienen zur Verschraubung beider Teile. Das offene Unterteil wird ebenfalls durch eine U-förmige Abdeckung verschlossen. Durch diese Maßnahmen ist die Regelschaltung der Berührung und Nässeeinwirkung entzogen. Das Metallgehäuse muß unbedingt schutzgeerdet sein! Die herausgeführte Potentiometerachse (R2, Durchmesser 4 mm) erhält eine übergeschobene Isolierhülse. Das Potentiometer selbst darf keine galvanische Verbindung mit dem Metallgehäuse haben. Es muß von diesem isoliert befestigt werden.

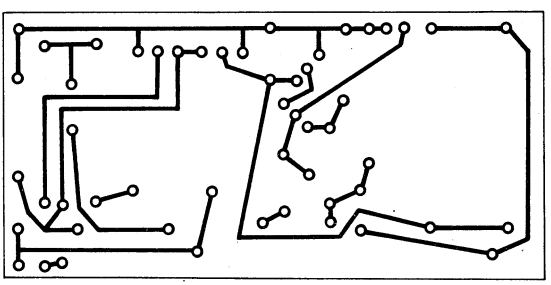


Bild 4.8 Leiterplatte für den Temperaturregler nach Bild 4.5

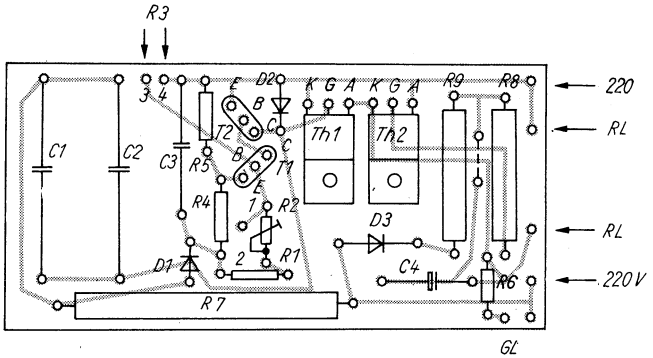


Bild 4.9 Bauelementeanordnung für die Leiterplatte nach Bild 4.8

Thermische Probleme für die Schaltung ergeben sich nicht, da sie sich in einer Umgebungstemperatur befindet, die sich im Bereich von 20 °C bis 30 °C einpegelt.
Die Schaltgenauigkeit genügt zur Temperierung von Chemikalien für Schwarz-Weiß-Prozesse.
Bild 4.8 und Bild 4.9 zeigen die Leiterplatte und die Anordnung der Bauelemente auf der Leiterplatte.

Funktion der Schaltung
Die Widerstände R1 bis R5 bilden eine Brücke, in deren Brückenzweig die Basis-Emitter-Strecke des Transistors T1 liegt. T1 sperrt, wenn die Potentialdifferenz zwischen den beiden Brückenhälften, also zwischen der Basis und dem Emitter, unter der Schwellenspannung $U_{EB} < 0{,}7$ V liegt. Mit T1 ist auch T2 gesperrt. Die hochohmige Kollektor-Emitter-Strecke bleibt damit ohne Einfluß auf die Gate-Katoden-Strecke. Mit Beginn der positiven Halbwelle fließt über R7 und die Gate-Katoden-Strecke in C1/C2 ein Ladestrom, der den Thyristor Th1 zündet. Durch R_L, die Heizplatte, fließt der Strom während der positiven Halbwelle. Zur gleichen Zeit lädt sich auch C4 über D3, R9 und Th1 auf. Die in C4 gespeicherte Energie dient zum Zünden von Th2. Während des Nulldurchgangs der positiven Halbwelle verlischt Th1. Die jetzt an der Anode von Th2 wirksam werdende positive Halbwelle läßt Th2 leitend werden. Die Voraussetzung für die

Zündung der Gate-Katoden-Strecke ist durch den aufgeladenen Kondensator C4 bereits gegeben. Dieser Kondensator entlädt sich über R8 und sorgt für den notwendigen Gatestrom. D3 verhindert, daß die Ladung von C4 während der negativen Halbwelle abfließen kann. R9 begrenzt den Ladestrom des Kondensators, R8 den Entladestrom.

Th2 kann nur durchschalten, wenn zuvor Th1 leitend war. Verändert sich die Brückenschaltung durch R3 dahingehend, daß T1 und T2 in den leitenden Zustand gelangen, so wird das Potential der Gateelektrode auf das Kollektor-Emitter-Potential von T2 reduziert. Th1 kann nicht mehr zünden und nachfolgend auch Th2 nicht. D2 schützt die Gateelektrode vor der negativen Halbwelle.

Die Heizung schaltet ab, wenn sich bei steigender Temperatur der Widerstand des Thermistors (R3) auf einen Wert verringert hat, bei dem T1 leitend wird. Das ist bei einem Spannungsabfall über R3, bei dem die Basis-Emitter-Spannung von T1 auf $U_{BE} > 0{,}7$ V ansteigt, der Fall.

Mit R2 wird die gewünschte Temperatur des Temperiergeräts einreguliert. Befindet sich R2 in der Stellung R2 = 0, dann erreicht die Aufheiztemperatur ihren Maximalwert.

Der Thermistor R3 wird auf der Unterseite der äußerlich aus Isoliermaterial bestehenden Heizplatte aufgeklebt.

Die Glimmlampe G1 signalisiert den Schaltzustand des Temperiergeräts.

4.2. Temperaturregelschaltungen mit Differenzverstärker

Die Schaltung nach Bild 4.10 erfordert einen gewissen Bauelementeaufwand, um die erwünschte Potentialtrennung vom Netz zu erreichen. Über einen Optokoppler werden die Netzspannung führenden Teile der Schaltung gesteuert. Sowohl der Thermistor mit seiner Zuleitung als auch die Temperaturwähler (R1 bzw. S2) werden mit Niederspannung betrieben.

Es können mehrere Bäder mit einem Regler geregelt werden, wenn diese Bäder das gleiche Volumen haben und über die gleiche Heizleistung verfügen. Bessere Ergebnisse sind zu erzielen, wenn

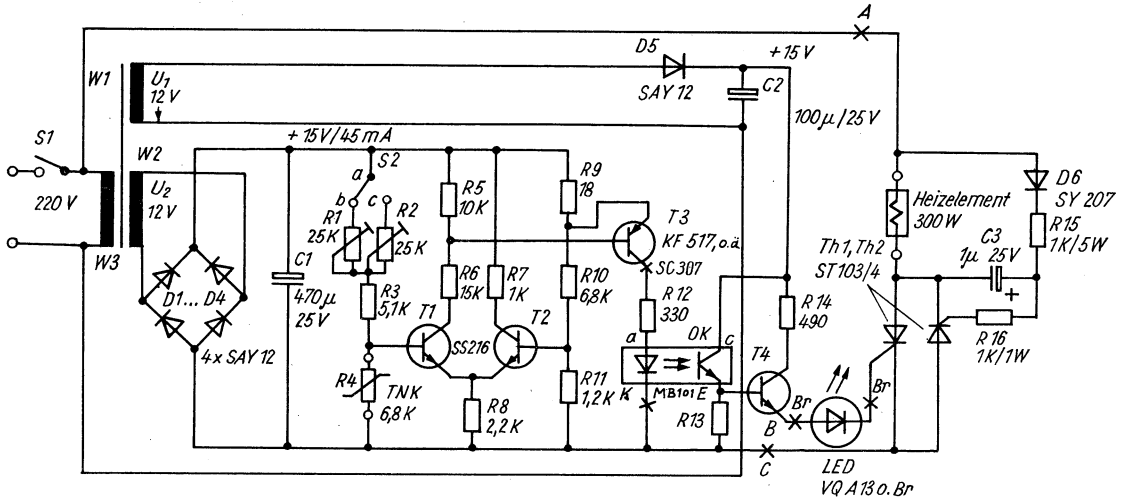


Bild 4.10 Temperaturregler mit Differenzverstärker

mehrere Bäder in einem gemeinsamen Wasserbad temperiert oder auf eine entsprechend große Wärmeplatte gesetzt werden.
Der Thermistor steuert einen Differenzverstärker. Durch ihn wird die Schaltungsanordnung unempfindlich gegen Netzspannungsschwankungen und gegen Einflüsse durch Raumtemperatur. Die Regelgenauigkeit beträgt etwa 0,2 K. Der Thermistor bildet mit den durch S2 zuschaltbaren Widerständen R1 oder R2 einen veränderlichen Spannungsteiler für die Basis von T1.

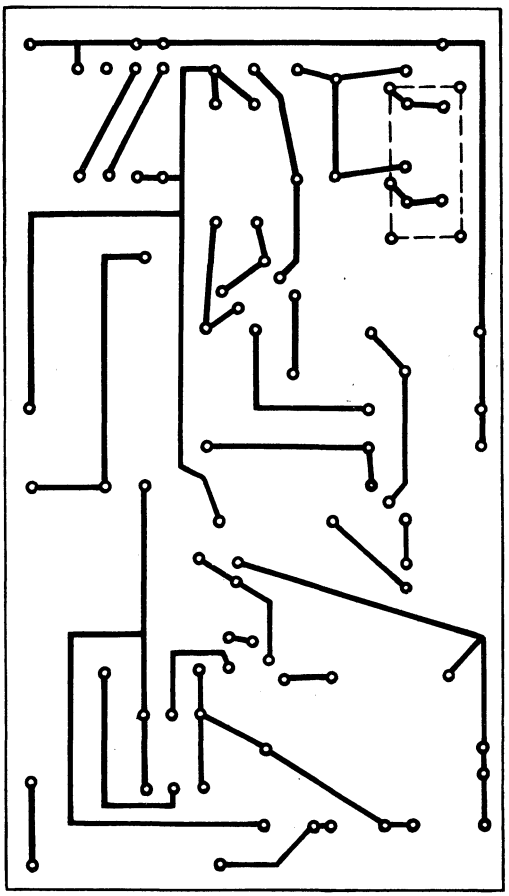


Bild 4.11 Leiterplatte für den Temperaturregler nach Bild 4.10

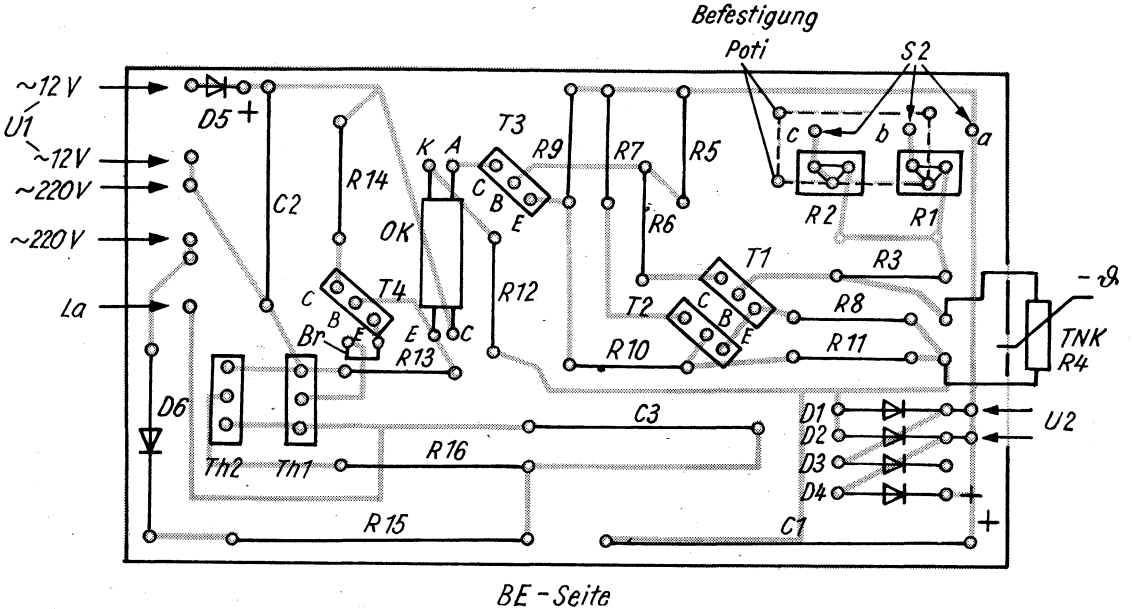


Bild 4.12 Bauelementeanordnung für die Leiterplatte nach Bild 4.11

Es lassen sich zwei Temperaturwerte einstellen. Bei einem kalten Widerstand R4 wird die Basis gegenüber dem Emitter positiver. T1 schaltet daraufhin durch. Über die Basis von T3 fließt Basisstrom, und T3 wird leitend. Der durch die Infrarotdiode des Kopplers fließende Kollektorstrom führt dazu, daß diese infrarotes Licht emittiert und damit den ihr gegenüber montierten Fototransistor bestrahlt. Die Bestrahlung wird unterbrochen, wenn die aufzuheizende Flüssigkeit den eingestellten Temperatursollwert aufweist. Zu diesem Zeitpunkt hat sich der Widerstand des Thermistors so weit verringert, daß die über ihn abfallende Spannung unter der Schwellspannung von T1 liegt. T1 sperrt. Das gleiche geschieht für T3. T2, zuvor in gesperrtem Zustand, ist jetzt leitend, da dessen Basis positiver als die von T1 ist. Denn in T1 nahm der Kollektorstrom ständig ab, während er in T2 zunimmt. Das gegenläufige Verhalten der Ströme bewirkt der gemeinsame Emitterwiderstand. Die Kollektorspannungen verhalten sich in gleicher Weise. An T1 steigt und an T2 sinkt die Kollektorspannung.
Die vorliegende Schaltung ist mit zwei antiparallelgeschalteten Thyristoren ausgestattet. Die Funktion der Thyristorschaltung ist in Abschnitt 1.4. erläutert. Eine zweite Wicklung auf dem Transformator dient zur Stromversorgung dieses Schaltungsteils und gewährleistet die erwünschte Potentialtrennung vom Netz. Die Leiterplattengestaltung zeigt Bild 4.11 und die Anordnung der Bauelemente Bild 4.12.
Die Schaltung des Differenzverstärkers ist als Grundschaltung für nachfolgend beschriebene Schaltungsvarianten übernommen.

Hinweise für die Schaltungsvarianten

1. Die Leiterplatte der Temperaturregelschaltung ist mit R1 und R2 sowie S2 für zwei fest einstellbare Temperatursollwerte konzipiert. Wird dagegen eine kontinuierlich veränderbare Regelung gewünscht, so kann in die Schaltung an Stelle von R1 und R2 ein Potentiometer mit Befestigungsmöglichkeit auf der Leiterplatte eingesetzt werden. Diese Aufbauvariante ist bei der Leiterplatte berücksichtigt.
2. An Stelle der Thyristoren wird ein Triac eingesetzt. Die Schaltungsänderung ist aus Bild 4.13 zu ersehen. Es entfallen R15, R16, D6, C3.
3. Die Triacschaltung des Belichtungszeitgebers wird über-

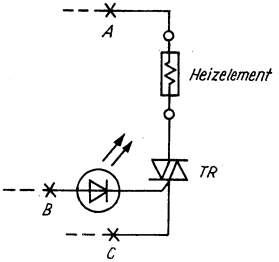


Bild 4.13
Einsatz eines Triac an Stelle der Thyristoren in der Schaltung nach Bild 4.10

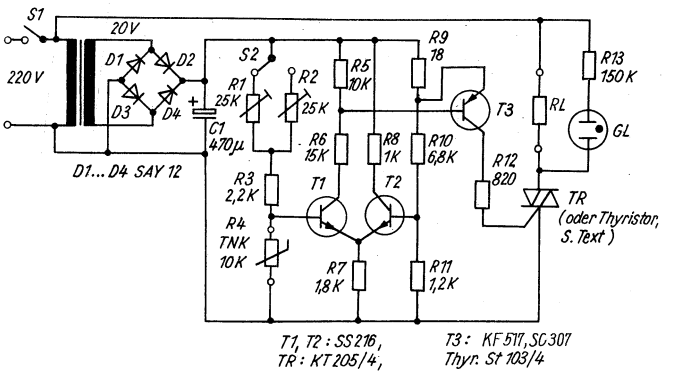


Bild 4.14 Temperaturregler mit Differenzverstärker ohne Netztrennung

nommen (Bild 1.2). Sie benötigt zwar zusätzliche Bauelemente, aber ihr Vorteil besteht darin, daß der Transformator nur eine Sekundärwicklung haben muß. Die Funktion dieser Schaltung ist in Abschnitt 1.1. nachzulesen.

4. Wird unter Berücksichtigung der erforderlichen Berührungsschutzmaßnahmen auf die Netztrennung verzichtet, so ergibt sich eine Schaltungsvereinfachung nach Bild 4.14. Der Triac kann gegebenenfalls durch einen Thyristor ersetzt werden. Das Heizelement wird dann aber nur mit halber Leistung betrieben.

Als Transformator für die Schaltungen nach Bild 4.14 eignet sich das in Bild 4.15 gezeigte Modell des *VEB Elektroschaltgerätewerk Auerbach* für 220 V / 20 V, 2 W. (Trafo für Meldeleuchte in handbetätigten Industrietastern.)

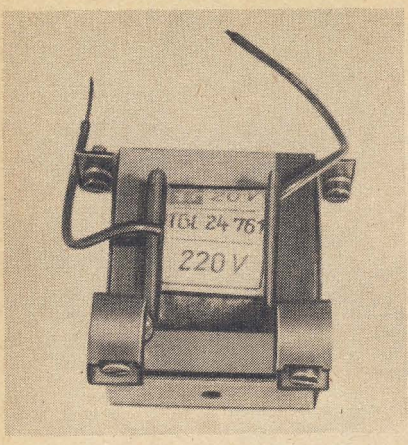


Bild 4.15
Transformator für Meldeleuchten 220 V / 20 V, 2 W des *VEB Elektroschaltgerätewerk Auerbach*

4.3. Temperaturregelung mit Operationsverstärker *B 861*

Der Operationsverstärker *B 861* hat in der Schaltung Bild 4.16 die Funktion eines Komparators. Ein Stromlaufplan ähnlicher Art ist für den gleichen Anwendungszweck in [13] veröffentlicht. Mit dieser Schaltung wird eine Regelgenauigkeit erreicht, die den Erfordernissen der Verarbeitung von Farbmaterialien entspricht. Die schaltungsbedingte Regelgenauigkeit schließt nicht ein, daß die Badtemperatur in erwarteter Weise in dem gewünschten Temperaturbereich gehalten werden kann. Wesentlich ist, das sei an dieser Stelle hervorgehoben, in welcher Weise eine Flüssigkeit beheizt und an welchem Ort der Temperaturfühler befestigt wird.

Der Temperaturfühler R7, ein Heißleiterwiderstand, bildet zusammen mit dem Widerstand R8 einen veränderlichen Spannungsteiler für den nichtinvertierenden Eingang (+) des Komparators. Der invertierende Eingang (−) ist gleichfalls mit einem aber manuell veränderbaren Spannungsteiler *R2*, *R3*, *R4* // *R5* und *R6* beschaltet. Dieser Spannungsteiler hat die Funktion einer Referenzspannungsquelle. Mit *R4* und *R5* können wahlweise 2 gewünschte Prozeßtemperaturen, z. B. 20 °C und 25 °C, programmiert werden, die über S2/1 anwählbar sind. Die einge-

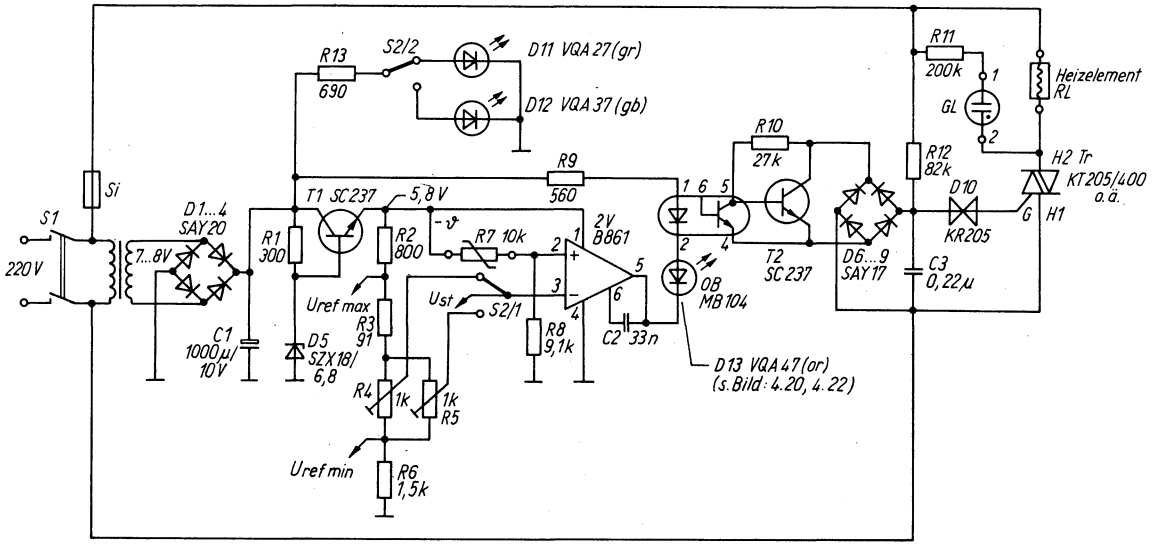


Bild 4.16 Temperaturregler mit Operationsverstärker *B 861*

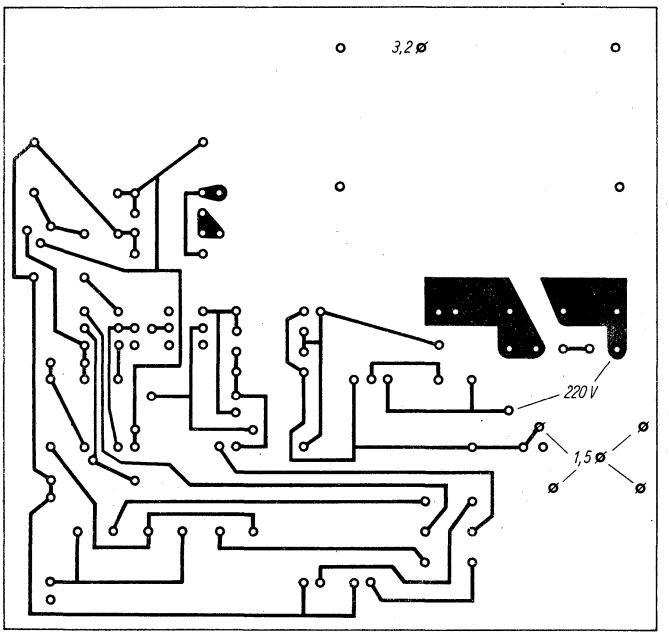


Bild 4.17 Leiterplatte für die Schaltung nach Bild 4.16

schaltete Temperatur signalisieren die verschiedenfarbigen LED D11 und D12.

Das Gleichgewicht der Widerstandsbrücke ist gestört, sobald bei absinkender Badtemperatur das Potential am Plus-Eingang des Komparators den Wert der am Minus-Eingang liegenden Referenzspannung unterschreitet. Dieser Fall tritt ein, wenn sich durch den Temperaturrückgang des Bades der Eigenwiderstand $R_{20} = 10\,\text{k}\Omega$ des Thermistors $R7$ vergrößert. (Beim Einsatz anderer Widerstandswerte für $R7$, z. B. $R_{20} = 5\,\text{k}\Omega$, ist für $R8$ ebenfalls ein Widerstand mit mindestens gleich großem Widerstandswert einzusetzen.)

Als Folge des gestörten Brückengleichgewichts wird der Aus-

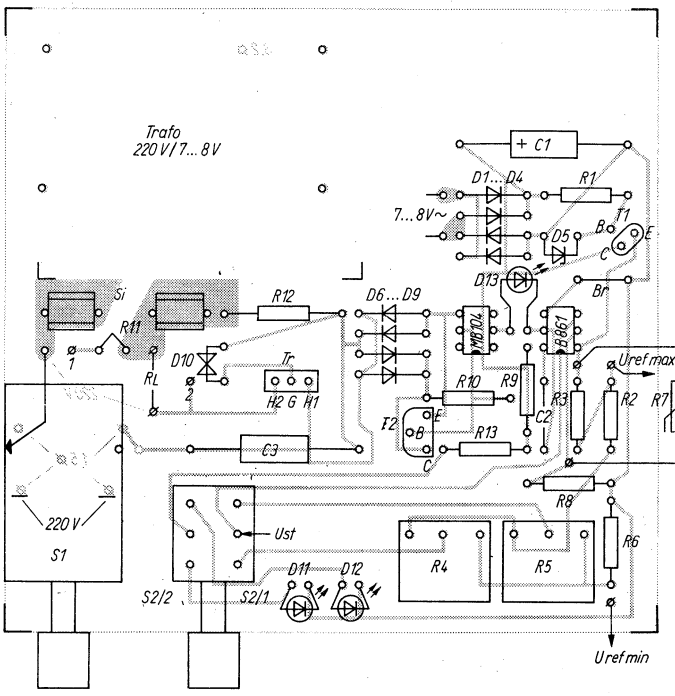


Bild 4.18 Bauelementeanordnung für die Leiterplatte nach Bild 4.17

gangstransistor (Open-Kollektor-Ausgang!) leitend. Die im Kollektorkreis liegende IRED des Optokopplers und die LED D13 werden angesteuert. Über den Fototransistor des Optokopplers und die ihm nachgeschalteten Bauelemente wird das Heizelement eingeschaltet. Die Funktion des Leistungsteils entspricht weitgehend dem Schaltungsteil des Beleuchtungszeitgebers in Bild 1.2 und ist dort nachzulesen. Die Heizung wird abgeschaltet, wenn die Spannung am nichtinvertierenden Eingang (+) des Operationsverstärkers den Wert der mit $R4$ und $R5$ eingestellten Refe-

renzspannung wieder erreicht hat. Mit der LED D13 läßt sich der Schaltpunkt des Komparators bzw. Temperaturreglers beim Einprogrammieren der Prozeßtemperaturen beobachten und der Schaltzustand des Heizelements kontrollieren. Die gleiche Aufgabe erfüllt eine Signalglimmlampe mit Vorwiderstand *R*11. Diese Variante ist aussagekräftiger, da durch sie die Funktion der gesamten vorangehenden Schaltungsanordnung kontrollmäßig erfaßt wird.

Die Leiterplatte ist für den wahlweisen Einbau beider Signalquellen vorbereitet.

Die Leiterplatte des Temperaturreglers zeigt Bild 4.17, und die Bauelementeanordnung auf ihr ist aus Bild 4.18 zu ersehen.

Die Leistungsschaltstufe kann in verschiedener Weise abgewandelt werden:

a – An Stelle der Zündschaltung mit einem Diac besteht die Möglichkeit, nach Bild 1.2 den Zündkreis mit Z-Dioden auszurüsten.

b – An Stelle des Triacs kann ein Thyristor *(ST 103/4)* eingesetzt werden. Parallel zum Kondensator *C*3 ist eine Diode D14 *SAY 12* gemäß Bild 4.19 anzuschließen. Die Diode verhindert, daß negative Zündimpulse an die Gate-Elektrode des Thyristors gelangen. Wird die Zündschaltung nach Bild 1.2 für die Ansteuerung des Thyristors übernommen, ist die Z-Diode D7 zu entfernen und parallel zu *R*8 eine Schutzdiode *SAY 12* zu schalten (Katode an Gate-Elektrode).

c – Der Operationsverstärker *B 861* steuert direkt ein elektromechanisches Relais an, dessen Anzugstrom nicht größer als $I = 70$ mA sein darf, da der Open-Kollektor-Ausgang des *B 861* bis $I_{a\,nax} = 70$ mA belastbar ist. Gut geeignet sind die bereits in Bild 1.22 vorgestellten Typen aus der Reihe *GBR 10*. Das

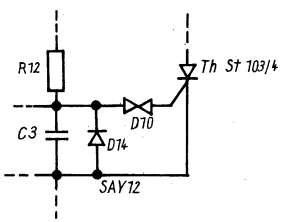


Bild 4.19
Schaltungsergänzung für die Schaltung nach Bild 4.16. Durch die Eigenschaft des Thyristors wird nur die halbe Heizleistung erzielt

Relais muß mit einer Freilaufdiode, z. B. *SAY 12* (Katodenanschluß an $+ U_b$), überbrückt sein.

Die Temperaturregelschaltung läßt sich durch eine analog arbeitende Temperaturanzeigeeinheit erweitern.

Auf einer separaten Leiterplatte sind zeilenförmig 12 LED D1 bis D12 angeordnet, die durch den Ansteuerschaltkreis *A 277* im Punktbetrieb angesteuert werden. Punktbetrieb bedeutet, daß nur eine LED leuchtet und im Übergangsstadium zur benachbarten LED 2 LED aufleuchten. Mit Hilfe der Lichtemitterdiodenzeile wird die jeweils mit *R*4 und *R*5 vorgewählte Prozeßtemperatur angezeigt. Die an den Einstellreglern abnehmbare Referenzspannung für die Brückenschaltung wird als Steuerspannung U_{St} für den *A 277* herangezogen.

Die Reglerstellung entspricht einer bestimmten Prozeßtemperatur, die von einer leuchtenden LED in der LED-Zeile markiert wird. Durch Vergleichsmessungen der Badtemperatur mit einem Thermometer sind die einzelnen LED mit den festgestellten Temperaturwerten zu kennzeichnen.

Den Stromlaufplan der Anzeigeeinheit zeigt Bild 4.20. Die niedrigste Temperatur wird durch D1 angezeigt, wenn ein Einstellregler sich in der Nähe des mit $U_{ref\,min}$ bezeichneten Anschlußpunktes befindet. Bei $U_{St} = U_{ref\,min} \approx 3$ V erfolgt noch keine Anzeige, D1 leuchtet nicht. Der mit *R*4 oder *R*5 einstellbare

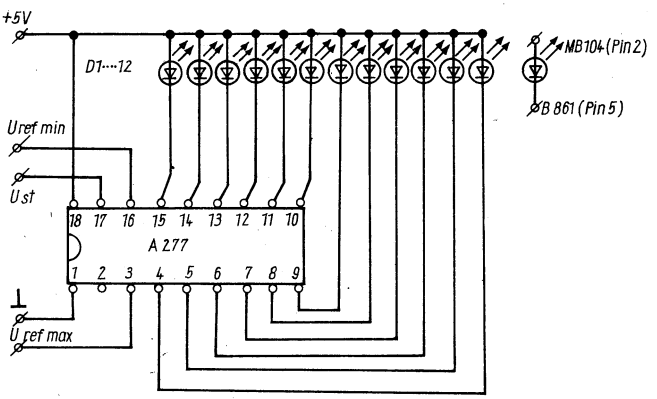


Bild 4.20 Stromlaufplan für analoge Anzeigeeinheit

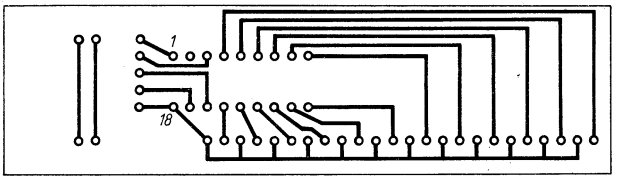


Bild 4.21 Leiterplatte für die Schaltung nach Bild 4.20

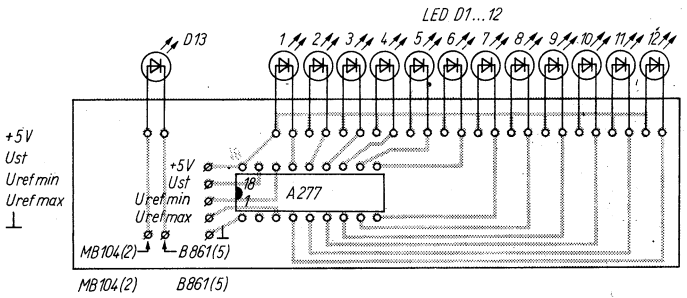


Bild 4.22 Bauelementeanordnung für die Leiterplatte nach Bild 4.21

Spannungshub der Steuerspannung beträgt $U_{St} \approx 1$ V. Er entspricht etwa einem Temperaturbereich von 18 bis 40 °C.
Innerhalb dieses Temperaturbereichs können sowohl die z. Z. für ORWO-Materialien geforderten Badtemperaturen als auch höhere Prozeßtemperaturen gewählt und mit $R4$ und $R5$ programmiert werden.
Das Leiterplattenlayout nach Bild 4.21 enthält Lötaugen für die Befestigung der LED D13 oder der Glimmlampe.
Mit dem Einsatz der Temperaturanzeigeeinheit werden die Bauelemente D11, D12 und R13 überflüssig. Die Anordnung der Bauelemente auf der Leiterplatte ist aus Bild 4.22 zu ersehen. Die aufgebauten Leiterplatten für die Temperaturregelung- und LED-Anzeigeeinheit sowie die hierfür verwendeten Bauelemente sind in Bild 4.23 ersichtlich.

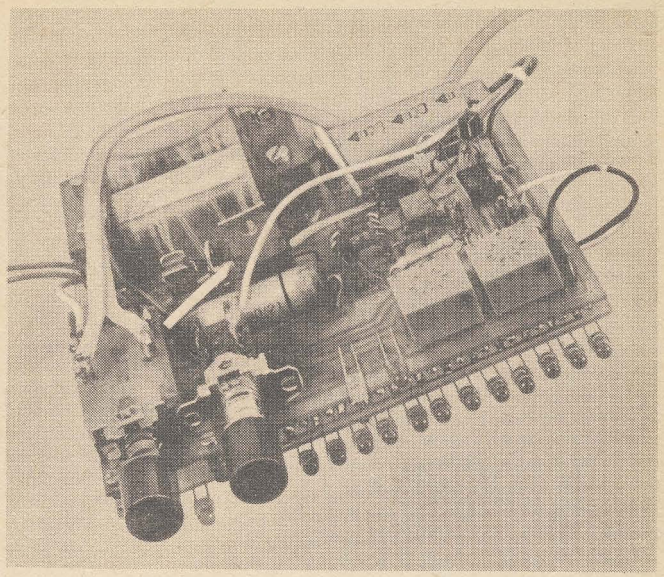


Bild 4.23 Temperaturreglerplatine, erweitert durch LED-Anzeigeeinheit für analoge Temperaturanzeige

5. Rotationsentwicklung

Es gibt eine Reihe von Gründen, die Bearbeitung, den Naßprozeß, von fotografischen Materialien in rotierenden Entwicklerdosen oder -trommeln durchzuführen. Die Technologie basiert auf einer motorisch angetriebenen Bewegungseinrichtung, die einen licht- und flüssigkeitsdichten Behälter rotieren läßt. Bild 5.1 zeigt eine derartige Rotationsentwicklungseinrichtung mit aufgelegter Entwicklerdose.

Durch die Rotation des Behälters wird das zu entwickelnde Material durch eine kleine Flüssigkeitsmenge regelmäßig benetzt. Durch die ständige Bewegung wird die Ausbildung örtlich unterschiedlicher Flüssigkeitskonzentrationen unterbunden, die sonst den Entwicklungsprozeß ungleichmäßig beeinflussen. Das gleiche kann auch durch manuelles Rollen der Behälter auf einer ebenen Unterlage erreicht werden, jedoch ist das, über einen längeren Zeitraum ausgedehnt, eine ermüdende und Aufmerksamkeit erfordernde Tätigkeit. Nebenarbeiten lassen sich während dieser Zeit kaum durchführen, da der Zeitpunkt für eine Bewegung des Doseninhalts von einer Uhr abgelesen werden muß.

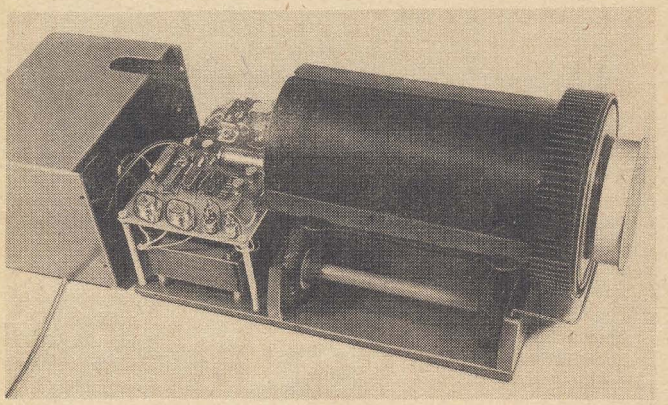


Bild 5.1 Rotationsgerät mit Kippdose

Die Bearbeitungstechnclogie mit rotierendem Behälter kann für Farb- und Schwarz-Weiß-, Negativ- und Positivmaterial in gleicher Weise angewendet werden. Die Entwicklerdose oder -trommel wird lediglich im Dunkeln mit dem zu bearbeitenden lichtempfindlichen Material beschickt. Alle weiteren Verarbeitungsschritte wie Einfüllen und Wechseln der Bäder und die Rotation des Behälters lassen sich bei Tageslicht durchführen.

Als rotierende Behälter sind Kipp-Entwicklerdosen gut geeignet. Sie gibt es in verschiedenen Größen, z. B. als Kippdosen für 2 bis 5 Kleinbild(KB)-Spiraleinsätze *(Krokus 800, Krokus 2000,* VR Polen; *Plastimat,* ČSSR), die auch auf andere Formate verstellbar sind.

Spezielle Rotationstrommeln für großformatige Filme und Papiere haben einen am Deckel befestigten Flüssigkeitsauffangbehälter. Er leert sich erst in dem Moment, wenn die Trommel umgelegt wird.

Die Vorteile der Bearbeitung von fotografischen Materialien in rotierenden Behältern zeigt sich besonders im Kleinlabor an Hand der stichpunktartig angeführten Bearbeitungsbeispiele:

1. Der Farbumkehrfilm benötigt 10 Prozeßschritte.
   Die längeren Prozeßzeiten erstrecken sich über 10 bis 20 Minuten. Es wird eine regelmäßige Bewegung gefordert.
2. Die Entwicklung von Schwarz-Weiß-Filmmaterial in stark verdünnten Entwickleransätzen bedingt lange Entwicklungszeiten, z. B. Entwickler R 09 in der Verdünnung 1:100 30 Minuten!
3. Entwicklung von Planfilmen in geringen Flüssigkeitsmengen.
   Es entfällt die Entwicklung großformatiger Planfilme (Farbe oder Schwarz-Weiß) in Schalen oder in voluminösen Tanks. Es kommt nicht zur Schichtverletzung durch scharfe Filmkanten wie gelegentlich bei der Schalenentwicklung.
   Planfilme sind in der Nähe der Behälterinnenwand befestigt. Dadurch ist der Flüssigkeitsmengeneinsatz sehr gering.
4. Entwicklung von Farbpositiven nach der unter 3. beschriebenen Methode. Der Einsatz von geringsten Flüssigkeitsmengen erlaubt es, diese nur 1- oder 2mal zu verwenden. Dadurch sind weitgehend konstante „chemische Bedingungen" gewährleistet.
5. Gleichzeitige Entwicklung von 2 KB- oder Rollfilmen in einem 0,5-l-Konzentratansatz *C 9165* für ORWOCHROM-Filme. (In herkömmlichen Dreh- oder Kippdosen werden bereits für

einen KB-Spiraleinsatz 250 ml für *Paterson*- und 400 ml für *Krokus*-Dose benötigt.) Die Spiraleinsätze tauchen nur zur Hälfte in die Flüssigkeit ein, aber durch die Rotation ist eine allseitige Benetzung des Filmmaterials gewährleistet. Die skizzierten Vorteile rechtfertigen einen gewissen elektronischen Aufwand für die Steuerung des Motors, zumal diese Schaltungen auch als Bestandteil für einen Entwicklungsprozessor herangezogen werden können.

Bild 5.2 und Bild 5.3 zeigen die konstruktiven Bestandteile solcher industriell gefertigter Geräte. Gemeinsames Grundprinzip beider Entwicklungsgeräte ist die rotierende Entwicklungstrommel.

Zur weiteren Ausstattung gehören:

- geheiztes und temperaturgeregeltes Wassermantelbad für Rotationstrommel und Vorratslösungen;
- vorwählbare Prozeßtemperatur zwischen 18 °C und 45 °C;
- digitale Temperaturanzeige;
- Pumpe für Wassermantelbadumwälzung (Bild 5.2);
- automatischer Drehrichtungswechsel nach 5 s;
- wählbare Umdrehungsgeschwindigkeiten (20 bis 90 U/min);
- 8 Prozeßzeiten voreinstellbar (Bild 5.3), für Gerät Bild 5.2 separater Prozeßzeiten-Timer.

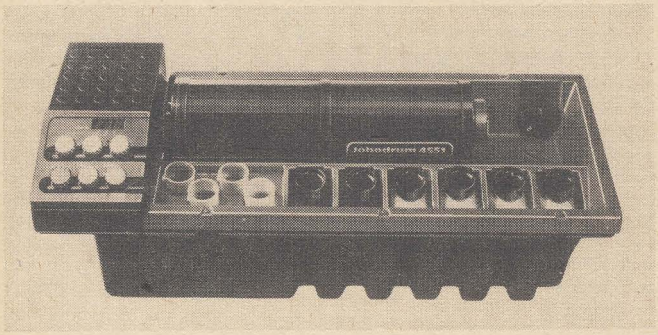


Bild 5.2 Colorprocessor *CPP 2 (JOBO)*. Besonderheit: Wassermantelbad kühlbar durch gesteuerte Kaltwasserzufuhr

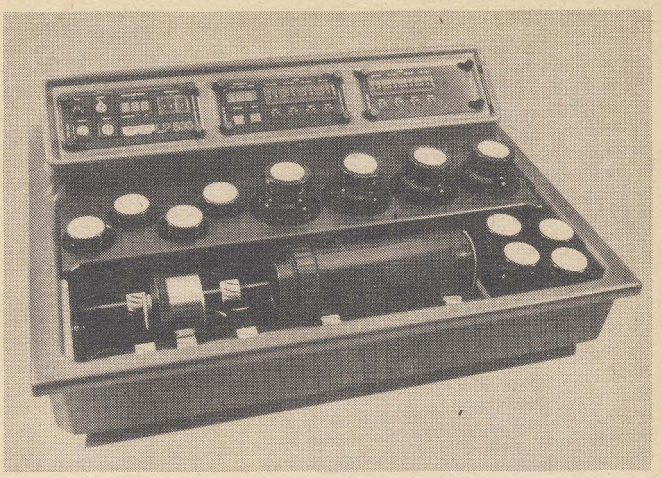


Bild 5.3 Universal-Laborprocessor *LP 500 (Wurst)*. Besonderheit: eingebauter 8-Prozeßzeiten-Timer, Drehzahl durch umlegbare Antriebspeese veränderbar

5.1. Steuerschaltungen für Rotationsgeräte

Die Anzahl der Umdrehungen der Entwicklerdose oder -trommel in einer Drehrichtung kann zeitabhängig oder – wie bereits dargestellt – durch Zählen der Umdrehungen beeinflußt werden. Praktische Schaltungen steuern den Drehrichtungswechsel in Abhängigkeit von der Zeit. Derartige Schaltungen sind einfacher im Aufbau und benötigen keine die Zahl der Umdrehungen auswertende Vorrichtungen. Die Drehzahluntersetzung ist so zu dimensionieren, daß der Behälter bei der Filmentwicklung (Farbe und Schwarz-Weiß) mit etwa 30 U/min und bei der Papierentwicklung mit etwa 60 U/min rotiert.

5.1.1. Programmierbare zeitabhängige Steuerung des Drehrichtungswechsels

Bei der Schaltung nach Bild 5.4 werden die Möglichkeiten von TTL-Schaltkreisen genutzt. Drei Gatter des IS1 bilden einen

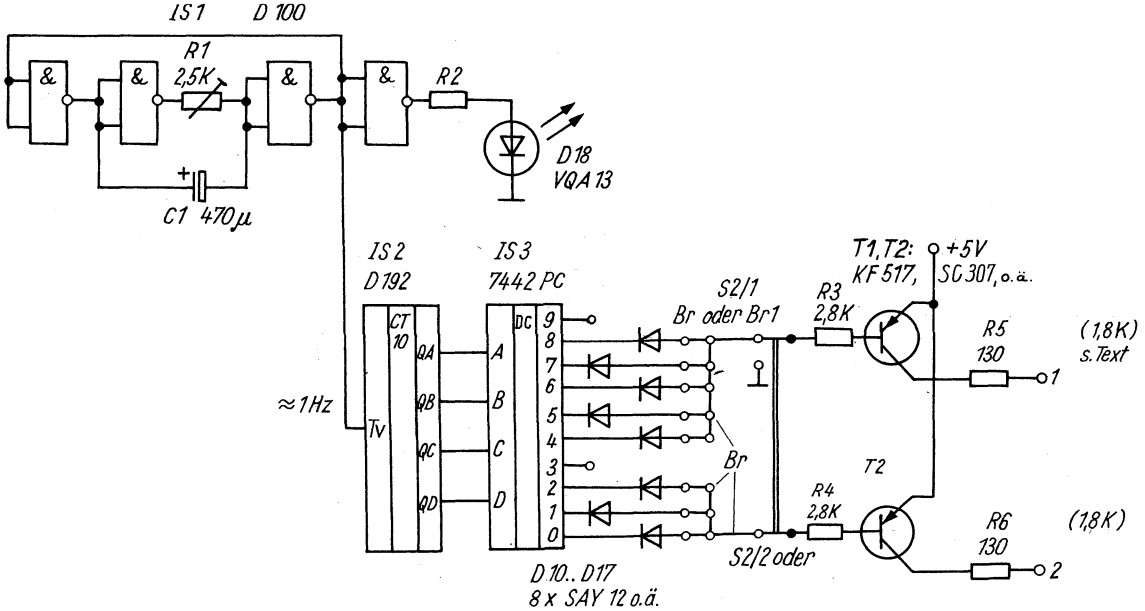


Bild 5.4 Stromlaufplan für Drehrichtungssteuerung mit TTL-IS

Multivibrator, der mit einer Frequenz von etwa 1 Hz schwingt. Das vierte Gatter des Schaltkreises wird für die Steuerung der LED D18 genutzt. Sie blinkt mit der Frequenz des Multivibrators. Mit der visuell beobachtbaren Blinkfrequenz läßt sich in einfacher Weise der Multivibrator durch R1 auf die gewünschte Frequenz einstellen.

Die 1-Hz- oder 1-s-Impulse gelangen in den dekadischen Zähler IS2. Dieser ist mit einem 1:10-Dekoder verbunden. Der Dekoder hat 10 Ausgänge mit „offenem Kollektor". Die 10 Ausgangstransistoren des Dekoders werden durch die 1-Hz-Taktimpulse nacheinander für jeweils 1 s durchgeschaltet.

Die Ausgänge von IS3 sind über Dioden in zwei Gruppen aufgeteilt. Jede Gruppe gehört einer „Drehrichtung" an. Die Dioden dienen der gegenseitigen Entkopplung der Ausgangstransistoren von IS3. Durch die Gruppenbildung erhält die Basis entweder von T1 oder von T2 ein aus einzelnen Zeitabschnitten aneinandergereihtes L-Potential. Die Länge des L-Signals wird durch die Anzahl der zu einer Gruppe gehörenden Dioden festgelegt. In der Schaltung sind für T1 5 s und für T2 3 s vorgesehen. Zwischen dem Drehrichtungswechsel ist eine Pause von etwa 1 s vorgesehen. Die Pause entsteht durch die unbeschalteten Ausgänge

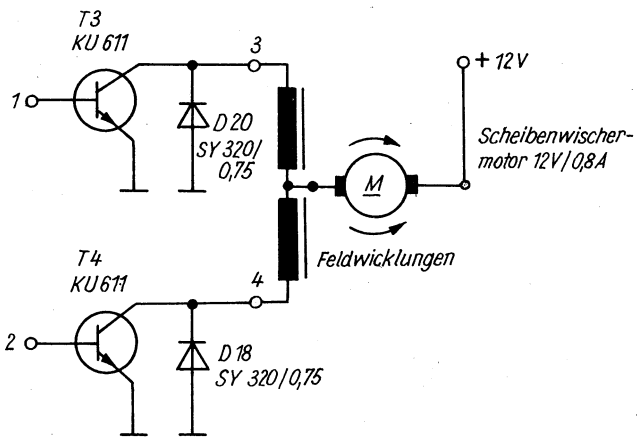


Bild 5.5 Leistungssteuerstufen für den Scheibenwischermotor mit Bremswicklung

3 und 9 von IS3. Ist einer der zu den Ausgängen gehörenden Ausgangstransistoren durchgeschaltet, so bleibt das ohne Wirkung auf die Steuerschaltung. Es besteht keine Verbindung mit einer der Diodengruppen.

Der Leistungsteil (Bild 5.5) ist an einen 12-V-Scheibenwischermotor angepaßt, der zwei Feldwicklungen hat. Bei älteren Ausführungen dient die zweite Wicklung zur Abbremsung des Motors. Die Schaltung ist für derartige Motoren mit wenig Aufwand verbunden. Über zwei Leistungstransistoren T3 und T4 fließt abwechselnd der Anker- und Feldstrom des Motors. Die Basis dieser Transistoren wird von den vorgeschalteten pnp-Transistoren T1 und T2 gesteuert. Die Dioden D19 und D20 dienen dem Schutz der Kollektor-Emitter-Strecken von T3 und T4 vor unzulässig hohen Induktionsspannungsspitzen, die beim Drehrichtungswechsel oder beim Abschalten des Motors entstehen.

Mit dem Schalter S2 (er ist an Stelle der Drahtbrücken Br1 und Br2 einzufügen) kann der Drehrichtungswechsel abgeschaltet werden. Der Motor dreht dann nur in einer Richtung. Die im Stromlaufplan eingezeichneten und auf der Leiterplatte vorgesehenen Drahtbrücken Br3 bis Br10 bieten die Möglichkeit, die zeitliche Folge und damit auch die Anzahl der Umdrehungen für eine Drehrichtung zu verändern. An Stelle von Br3 bis Br10

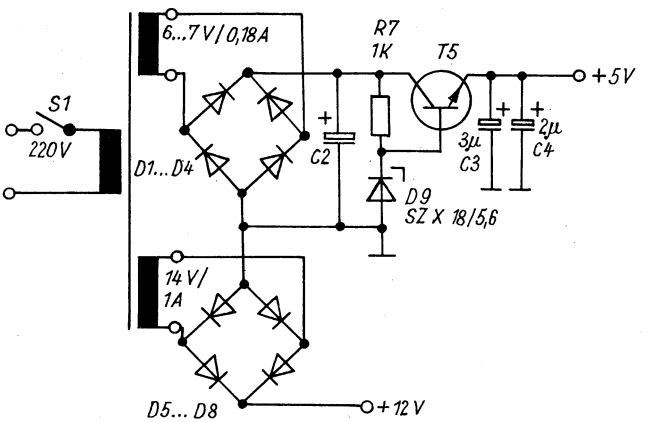


Bild 5.6 Stromversorgung für Schaltungen nach Bild 5.4 bis Bild 5.5

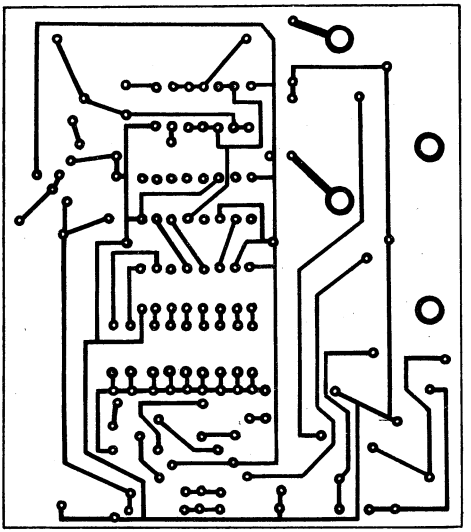


Bild 5.7 Leiterplatte für die Schaltungen nach Bild 5.4 bis Bild 5.6

lassen sich auch Schalter einsetzen. Die einzelnen Zeiten sind dann mit diesen variabel einstellbar.
Für die Stromversorgung der elektronischen Schaltung und für den Motor ist ein Netzgerät nach Bild 5.6 vorgesehen. Mit Ausnahme des Transformators und der LED sind sämtliche Bauelemente auf der Leiterplatte (Bild 5.7) untergebracht. Die Bestückungsseite der Leiterplatte zeigt Bild 5.8.

5.1.2. Drehrichtungssteuerung durch Multivibrator oder Timer-Schaltkreis

Die Steuerschaltung nach Bild 5.9 basiert auf einem Vorschlag aus [15]. Zwei komplementäre Leistungstransistorpaare bilden mit dem Motor eine Brückenschaltung. Der Ankerstrom fließt in dieser Schaltung diagonal entweder über T3, Motor, T8 oder T4, Motor, T7.

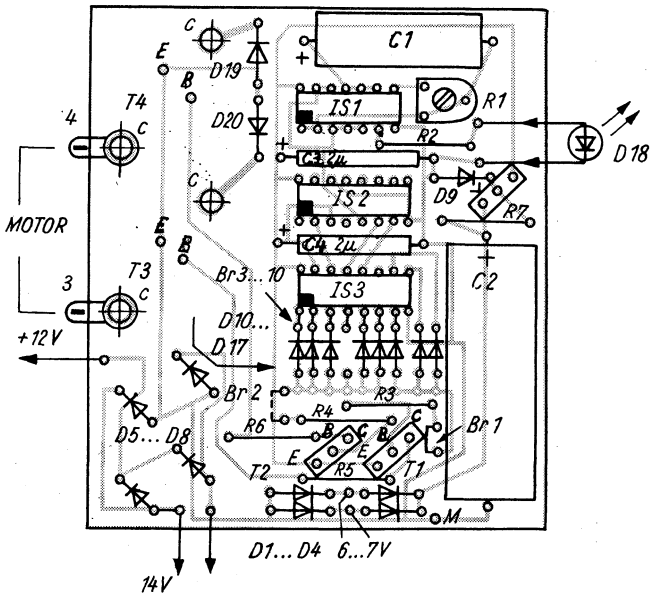


Bild 5.8 Bauelementeanordnung für die Leiterplatte nach Bild 5.7

Den Drehrichtungswechsel steuert ein astabiler Multivibrator zu dem die Transistoren T1 und T2 gehören. Die Steuervorgänge für eine Drehrichtung des Motors werden durch die Kipplage des Multivibrators ausgelöst.

Ist T1 gesperrt, dann leiten T5, T6 und T7. Das trifft auch für T4 zu, da über dessen Basis und R13 der Kollektorstrom von T6 fließt. Kippt der Multivibrator in die andere Lage, so sind in analoger Weise die Transistoren T8, T9, T10 und über MT3 durchgesteuert. Der Motor dreht in die andere Richtung. Der Richtungswechsel wird durch keine Pause unterbrochen. Mit R3 und R5 ist die zeitliche Dauer jeder Drehrichtung einstellbar. Es empfiehlt sich, auch in dieser Schaltung eine zeitlich unsymmetrische Zahl der Umdrehungen einzustellen.

Die Schaltung ist für Kleinmotoren mit Permanentmagneterregung und auch für kleinere Scheibenwischermotoren geeignet. Bild 5.10 zeigt den Leiterplattenentwurf zur Schaltung. Die

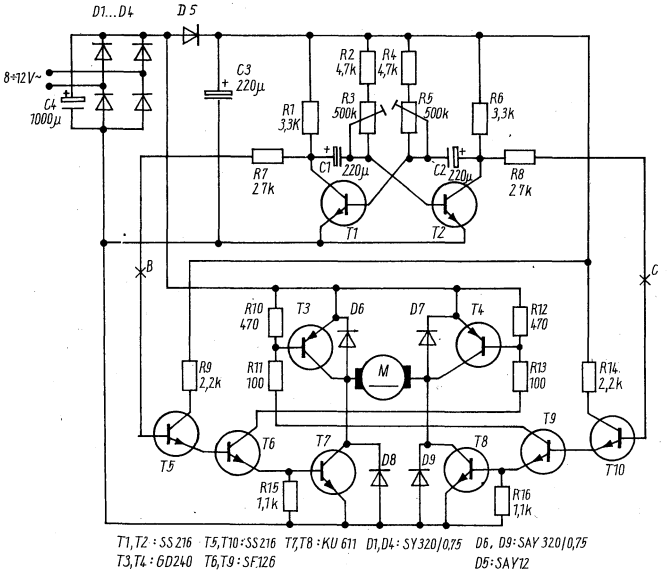


Bild 5.9 Drehrichtungssteuerung mit Multivibrator

Anordnung der Bauelemente auf der Leiterplatte zeigt Bild 5.11. Die Schaltung kann an den mit B und C markierten Punkten aufgetrennt und die sich ergebenden Schaltungsteile, Multivibrator und Steuerschaltung, können in einer anderen Schaltungskombination verwendet werden.

An Stelle des mit Transistoren aufgebauten Taktgebers zur Steuerung der Drehrichtung des Motors kann der Timer-Schaltkreis *B 555* eingesetzt werden. Hierzu sind einige geringfügige Veränderungen bzw. Ergänzungen in der Schaltung nach Bild 5.9 vorzunehmen. Entsprechend den Angaben im Schaltungsauszug in Bild 5.12 wird in der Schaltung Bild 5.9 für T10 ein pnp-Transistor, z. B. *SC 307*, *KF 517*, eingesetzt. Zusätzlich sind die Widerstände *R*17 und *R*18 in die Basiszweige einzufügen. *R*7 und *R*8 = 27 kΩ sind gegen 10 kΩ auszutauschen. Die Leiterzuganordnung für den beschalteten *B 555* zeigt Bild 5.13a. Sie kann auf den Flächenabschnitt der Leiterplatte (Bild 5.10) über-

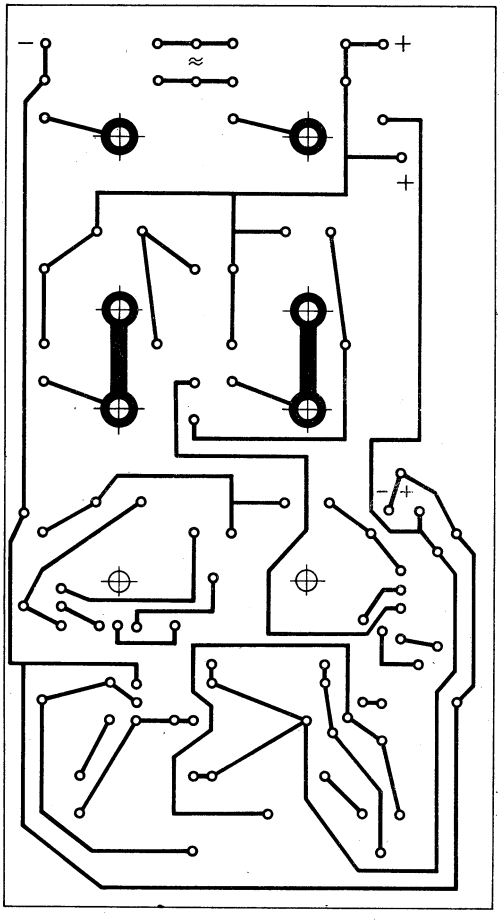


Bild 5.10 Leiterplatte für die Schaltung nach Bild 5.8

tragen werden, der dort von der Multivibratoranordnung mit T1 und T2 belegt ist.

Mit der in Bild 5.12 angegebenen Bauelementedimensionierung ändert sich nach etwa 6 s die Drehrichtung des Motors. Die Taktzeit $t1$ (Ein) ist durch $t1 = 0{,}639\ (R_A + R_B) \cdot C1$ und die

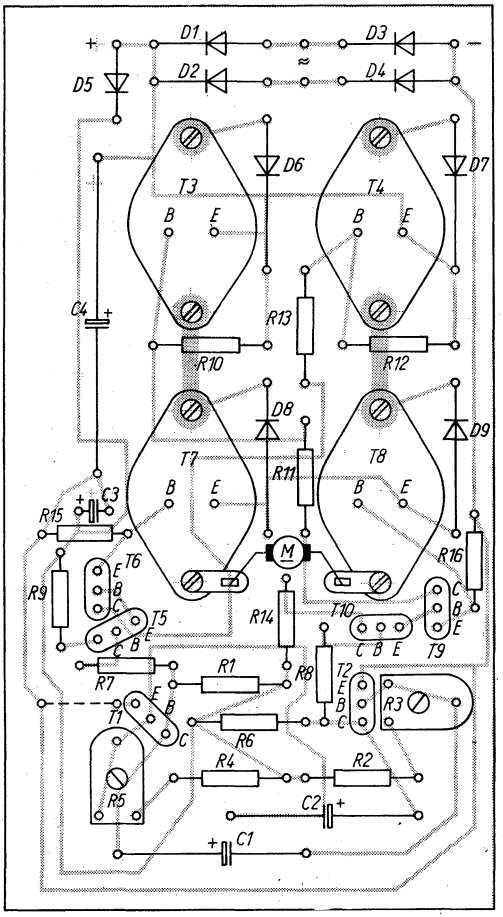


Bild 5.11 Bauelementeanordnung für die Leiterplatte nach Bild 5.10

Zeit $t2$ (Aus) durch $t2 = 0{,}639\ (R_B \cdot C1)$ festgelegt. Die volle Periode ist demnach

$$f = \frac{1{,}44}{(R_A + 2R_B) \cdot C1}.$$

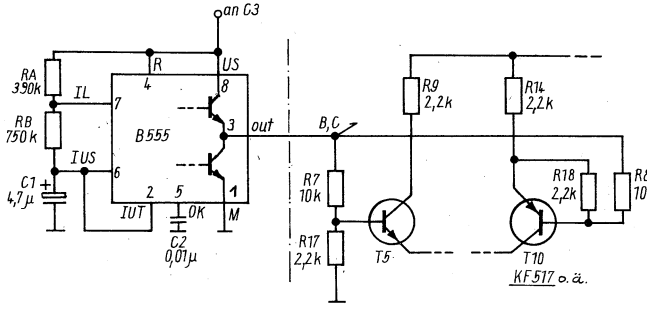


Bild 5.12 Timer-IS *B 555 D* als Taktgeber mit Schaltungsauszug aus Bild 5.9. Beachten: T10 jetzt *KF 517, SF 116*

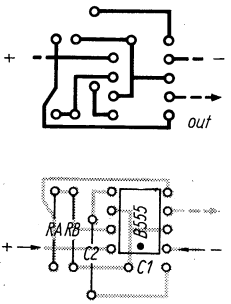


Bild 5.13
a – Leiterzuganordnung für die Schaltung des Taktgebers nach Bild 5.12, b – Bauelementeanordnung für den Leiterzugausschnitt nach Bild 5.12

Das Tastverhältnis, hier die Zeit für die Drehrichtung rechts/links, ist durch die Widerstandswerte für R_A und R_B mit Hilfe der Formeln errechenbar.

Ist R_B klein gegen R_A, nähert sich das Tastverhältnis der 100-%-Grenze. Ist R_B groß gegen R_A, liegt das Tastverhältnis bei 50%. Eine weitere schaltungstechnische Variante ist durch die Kombination der Brückenschaltung (Anschlüsse B und C, Bild 5.9) mit der Steuerschaltung (Anschlüsse 1 und 2, Bild 5.3) möglich. Die Widerstände *R*5 und *R*6 in Bild 5.3 entfallen.

6. Akustische Warnschaltungen zur Überwachung von Flüssigkeitspegeln

In Fotolabors wird mit fließendem Wasser gearbeitet. Die Verstopfung eines Tankausflusses oder der sich vermindernde Zufluß aus dem Leitungsnetz führt in beiden Fällen zu Schäden.
Mit akustischen Warnanlagen [19], die ein sich absenkendes Flüssigkeitsniveau oder dessen unzulässige Zunahme über bestimmte Niveaumerkmale hinaus signalisieren, lassen sich solche unerwünschten Ereignisse vermeiden.

6.1. Warnschaltung für maximalen Flüssigkeitspegel

Bild 6.1 zeigt den Stromlaufplan für eine akustische Warnschaltung, die nur anspricht, wenn die voneinander isolierten Fühlerelektroden über eine sie benetzende Flüssigkeit galvanisch verbunden werden. Tritt dieser Fall ein, so wird an der Basis von T2 ein Teil der positiven Betriebsspannung wirksam, worauf der Transistor durchschaltet. T2 hat die Funktion eines Ein-/Ausschalters. Über die Kollektor-Emitter-Strecke fließt bei leitendem Transistor der für den Schaltkreis erforderliche Betriebsstrom. Die Gatter des Schaltkreises sind zu zwei Multivibratoren (MV) zusammengeschaltet. Der MV aus G1 und G2 schwingt mit einer Frequenz von etwa 4 Hz. Mit dieser Frequenz wird der zweite als Tongenerator arbeitende MV gestartet.
Diese Schaltung erzeugt eine periodisch unterbrochene Tonfrequenz, die in hohem Maße Aufmerksamkeit erregt. T1 dient zur Nachverstärkung der Tonfrequenz und zum Betrieb eines Kleinstlautsprechers.
Die beiden Generatoren können sowohl durch die Gatter eines CMOS- als auch durch die eines TTL-Schaltkreises (TTL: eingeklammerte Werte) aufgebaut werden. Wird für den Typ *U 4011* der sowjetische Typ *K 176 ЛА7* eingesetzt, so ist zu beachten, daß dessen maximale Betriebsspannung nur $U_{SS} = 9$ V beträgt. Da die mit einem CMOS-Schaltkreis aufgebaute Warnschaltung im Ruhestand nur einen vernachlässigbar kleinen Strom aufnimmt, ist sie für Batteriebetrieb prädestiniert. Als Batterie

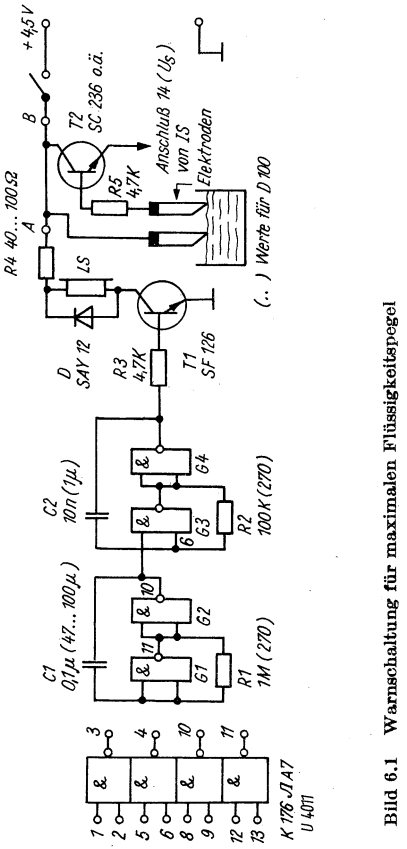


Bild 6.1 Warnschaltung für maximalen Flüssigkeitspegel

kommen die 4,5-V-Ausführungen *3 R 12* und die 9-V-Typen *6 F 22* in Betracht. Eine batteriebetriebene Warnschaltung hat den Vorteil der Ortsunabhängigkeit.

Werden die Generatoren mit einem *D 100*-Schaltkreis aufgebaut, dann ist dessen Betriebsspannung von $U_{SS} = 5$ V zu beachten. Der Batteriebetrieb ist zu vertreten, da die erhöhte Stromaufnahme des TTL-Schaltkreises nur für den Zeitraum der Alarm-

gebung auftritt. Für netzbetriebene Warnschaltungen sind 6-V-Steckdosentransformatoren mit Gleichspannungsausgang sehr gut geeignet. Die abgegebene 6-V-Gleichspannung reduziert sich um die Kollektor-Emitter-Spannung von T2, so daß der Forderung nach einer im Toleranzbereich der TTL-Versorgungsspannung liegenden Spannungsquelle entsprochen ist.

6.2. Warnschaltung für minimalen Flüssigkeitspegel

Bei dieser Warnschaltung für die Kontrolle eines nicht zu unterschreitenden Flüssigkeitsniveaus wird ebenfalls die Schaltung nach Bild 6.1 für den Akustikteil benutzt.
An Stelle der bisherigen Schaltstufe mit T2 wird die Ausführung nach Bild 6.2 verwendet. Solange die Fühlerelektroden benetzt sind, liegt die Basis von T2 nahezu auf Massepotential. Da unter dieser Bedingung kein Basisstrom fließt, ist T2 gesperrt und der Schaltkreis IS ohne Stromversorgung. Wird die galvanische Verbindung der Fühlerelektroden durch die absinkende Flüssigkeit aufgehoben, so erhält die Basis von T2 über R5 positives Potential. Über die Kollektor-Emitter-Strecke kann in den IS Betriebsstrom fließen.
Das erzeugte Warnsignal schaltet sich erst ab, wenn die Flüssigkeitsoberfläche wieder die Fühlerelektroden berührt.

6.3. Warnschaltung für maximalen und minimalen Flüssigkeitspegel

Zur Überwachung eines maximal und minimal zulässigen Flüssigkeitsniveaus dient die Schaltstufe nach Bild 6.3. Der mit T2 gebildete Teil dieser Schaltstufe ist elektrisch und funktionell

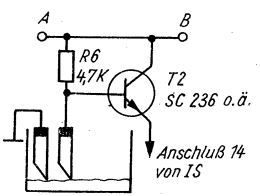


Bild 6.2
Schaltstufe für Warnschaltung für minimalen Flüssigkeitspegel

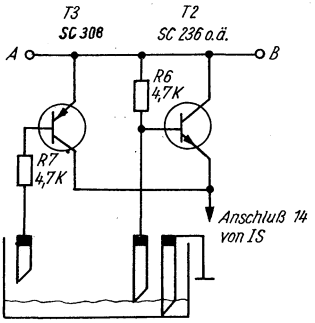


Bild 6.3
Schaltstufe für Warnschaltung für maximalen und minimalen Flüssigkeitspegel

identisch mit der Schaltstufe nach Bild 6.2. Das maximale Behälterniveau einer Flüssigkeit kontrolliert die mit T3 verbundene Fühlerelektrode. Die mit T3 gebildete Schaltstufe kann von der Wirkungsweise her auch in der Schaltung nach Bild 6.1 verwendet werden.

Der für T3 verwendete pnp-Transistor ist gesperrt, solange die zugeordnete Fühlerelektrode keine Berührung mit der Flüssigkeit hat. Taucht die Fühlerelektrode in die Flüssigkeit ein, so schaltet T3 durch, und das Warnsignal ertönt. Für T2 ergeben sich unter diesen Schaltbedingungen keine Rückwirkungen; seine Basis erhält nach wie vor Massepotential und bleibt deshalb gesperrt.

7. Leistungsumschalter für 220-V-Lampen im Vergrößerungsgerät

Der Wunsch, in einem Vergrößerungsgerät Lampen mit größeren Lampenleistungen zu installieren, als vom Gerätehersteller zugelassen, resultiert aus der Tatsache, daß sich auf diese Weise verkürzte Belichtungszeiten ergeben; ein Vorteil, der bei hohen Negativdichten oder großen Vergrößerungsmaßstäben deutlich wird. Eine größere Lampenleistung führt zwangsläufig zu einer höheren Wärmebelastung des Geräts und des Negativs.
Mit einem Triac oder mit zwei antiparallelgeschalteten Thyristoren besteht die Möglichkeit, die Einstellarbeiten am Vergrößerungsgerät bei reduzierter Lampenleistung durchzuführen. Die Leistungsreduzierung kann mit einem Schalter vorgenommen werden. Sinnvollerweise sollte die reduzierte Leistung der der zulässigen Lampenleistung des Geräts entsprechen. Für normale Anwendungen wird mit dieser Leistungsstufe gearbeitet, während für Sonderfälle die volle Lampenleistung zur Verfügung steht. Mit Hilfe dieser Schaltungstechnik können mit der gleichen Lampe unterschiedliche Belichtungsprobleme vereinfacht werden.
Bild 7.1 zeigt den Stromlaufplan des Leistungsumschalters.

Funktion der Schaltung
Zu Beginn einer positiven oder negativen Halbwelle ist der Triac zunächst noch gesperrt. Mit dem Anstieg einer Halbwelle wird der Kondensator $C2$ über die Widerstände $R1$, $R2$ und der Phasenschieberkondensator $C3$ zusätzlich über den Widerstand $R3$ aufgeladen. Erreicht die Spannung am Kondensator $C3$ die Durchbruchspannung des Diacs ($U_{BR} = 32$ V), so fließt über D ein Zündstrom in die Gateelektrode. Der Triac wird leitend. Die nach dem Zünden des Diac am Kondensator $C3$ verbleibende Restspannung liegt bei etwa 75% der Zündspannung und nicht, wie zu vermuten wäre, in der Größenordnung der Durchlaßspannung einer Si-Diode. Infolgedessen wird der Phasenschieberkondensator nur teilweise entladen. Der zum Zünden benötigte Spannungshub beträgt damit etwa 8 V. Dieses Verhalten wirkt sich günstig auf stabiles Zünden bei kleinem Stromflußwinkel und auf die Hysterese der Schaltung aus. Die Hysterese der

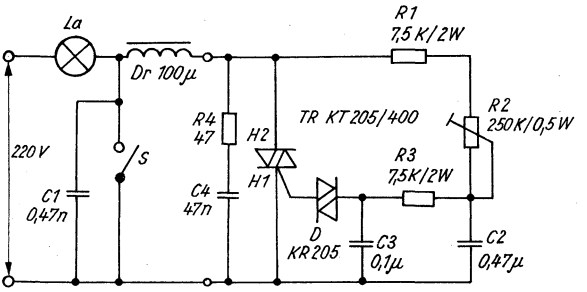


Bild 7.1 Leistungsschalter für Vergrößerungsgerät mit Triac

Schaltung wird zusätzlich durch den Kondensator $C2$ eingeengt. Nachdem der Diac verloschen ist, wird $C3$ durch $C2$ nachgeladen. Bei einer entgegengesetzt polarisierten Halbwelle beginnt der Zündvorgang, wie bereits beschrieben, in gleicher Weise. Das ist möglich, da der Triac sowohl mit der positiven als auch mit der

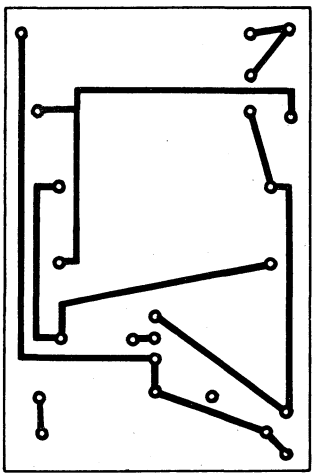


Bild 7.2
Leiterplatte für die Schaltung nach Bild 7.1

negativen Halbwelle an den Hauptelektroden $H1$, $H2$ durchschalten kann, wobei die Gateelektrode ebenfalls positiv oder negativ gesteuert wird.
Mit dem Einstellregler $R2$ wird der Zündverzögerungswinkel für den Triac und damit die gewünschte Lampenleistung festgelegt. Das geschieht in Verbindung mit einer Strommessung. Die volle Lampenleistung wird bei geschlossenem Schalter S wirksam.
Das Serien-RC-Glied $R4$ und $C4$ verhindert, daß der Triac beim Betrieb mit induktiver Last „über Kopf" gezündet wird. Diese ungewollte Art der Zündung zerstört zwar nicht den Triac, jedoch verliert die Schaltung ihre Steuerfähigkeit. Die Induktivität Dr hat etwa 70 Windungen aus 1-mm-Lackdraht, die auf einen etwa 70 mm langen Ferritkern (Antennenstab) gewickelt werden. Dr und $C1$ verhindern, daß hochfrequente Störimpulse in das 220-V-Wechselspannungsnetz gelangen und über Rundfunk- und Fernsehempfänger hörbar werden. Mit dem Triac *KT 205/400* können Leistungen bis etwa 500 W und mit dem Typ *TC 10/4* 1 kW geschaltet werden. Kühlkörper sind für beide Typen dann vorzusehen.

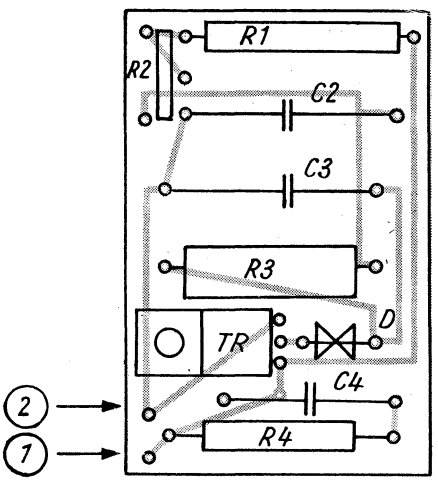


Bild 7.3
Bauelementeanordnung für die Leiterplatte nach Bild 7.2

8. Literaturverzeichnis

[1] *Müller, W.:* Elektronische Bauelemente in Geräten der Fototechnik; in: Mikroelektronik in der Amateurpraxis, Militärverlag der DDR, Berlin 1980

[2] Belichtungsmesser und Belichtungsmessung; in: *Teicher, G.:* Handbuch der Fototechnik; VEB Fotokinoverlag, Leipzig 1976 (7. Auflage)

[3] *Müller, W.:* Digitaler Belichtungszeitgeber mit Thyristor-Lampensteuerung; FUNKAMATEUR 1979, H. 4, S. 176

[4] *Müller, W.:* Digitaler Belichtungszeitgeber; in: Schaltungssammlung für den Amateur, Zweite Lieferung; Militärverlag der DDR, Berlin 1979

[5] *Börner, H. / Lenk, R. / Pieper, B.:* Neue Technologien auch für Fernseh-Filmemacher; 32. Bild und Ton 1979, H. 12, S. 357

[6] *Wunderlich, W.:* Finessen im Fotolabor; VEB Fotokinoverlag, Leipzig 1979

[7] *Jakubaschk, H.:* Elektronikschaltungen mit A 902 D und A 301 D; Militärverlag der DDR, Berlin 1979

[8] *Stückler, G.:* Elektronische Farbfilterbestimmung; Foto-Technik und -Wirtschaft 1974, H. 3, S. 69

[9] Selbst vergrößern im Hobbylabor; Verlag für Wirtschaft und Industrie Gerhard Knülle Herrsching

[10] Technische Unterlagen der Fa. Durst AG, Bozen

[11] *Müller, D.:* Integrierter Verstärker mit hochohmigem FET-Eingang; in: Elektronisches Jahrbuch 1980, Militärverlag der DDR, Berlin 1979

[12] *Nührmann, D.:* Operationsverstärker mit FET-Eingang; Funkschau 1979, H. 19, S. 1134

[13] *Friedrich, W.:* Temperaturregler für das Fotolabor; Fotografie 33 (1979), H. 10, S. 397

[14] Technische Unterlagen der Fa. JOBO, Gummersbach

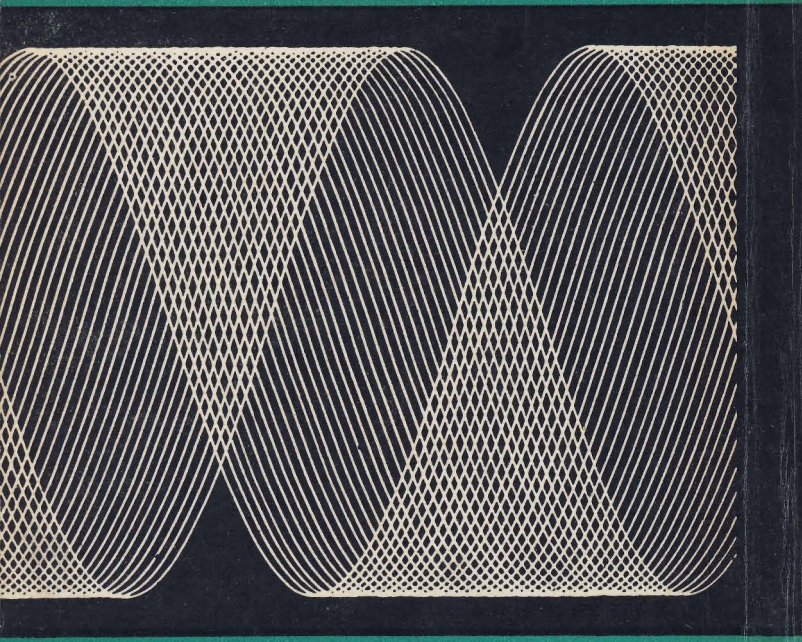
[15] *Kühne, H.:* Beispiele für Steuer- und Regelschaltungen mit Gleichstromkleinmotoren; Militärverlag der DDR, Berlin 1979

[16] *Kohler, A.; Gallenholz, W.:* Industrielle Anwendungen von Kraftfahrzeug-Scheibenwischermotoren; Feinwerktechnik & Meßtechnik 1978, H. 4, S. 161

[17] *Bortsch, H.:* Entwicklungstrommeln im kleinen Farblabor; Foto-Technik und -Wirtschaft 1974, H. 3, S. 72

[18] *Heinrich, H. G.:* Einige Aspekte zur Trommelentwicklung von Farbpapierbildern; Fotografie 34 (1980), H. 3, S. 116

[19] *Wagner, M.:* Wasser-Alarmgerät; Funkschau 1979, H. 23, S. 1376

[20] *Jakubaschk, H.:* Elektronikbasteln für Foto- und Filmamateure; VEB Fotokinoverlag Leipzig 1981

£1.90